

**POTENSI EKOEFFISIENSI
DI DAPUR KILANG PUSDIKLAT MIGAS CEPU.**



TESIS

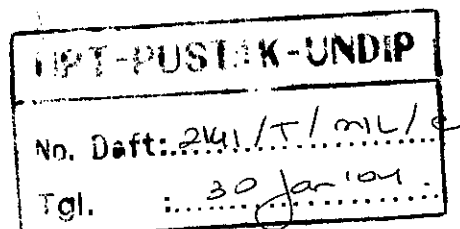
**Disusun ;
Daryanto,
L.4K.001110.**

**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2003**

UPT-PUSTAKA-INDIP

TESIS
POTENSIAL PENGHEMATAN ENERGI DAN
UPAYA MINIMISASI EMISI NO_x DAN SO_x
DI FURNACE KILANG PUSDIKLAT MIGAS CEPU.

Oleh :
Daryanto
L4K 001110



Tesis
Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Mencapai derajat Strata dua
Magister Ilmu Lingkungan.

Menyetujui,

Pembimbing I

(Ir. Sumarno, M.Si)

Pembimbing II

(Ir. Agus Hadiyanto, MT)

Menyetujui,



Magister Ilmu Lingkungan.

(H. Sudharto P. Hadi, MES)

Judul Tesis : Potensi Ekoeffisiensi di Dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu.
Nama Mahasiswa : Daryanto
Nomor Mahasiswa : L.4K.001110
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan.
Konsentrasi : Rekayasa Lingkungan.

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji
Pada Tanggal : 4 Juli 2003
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui;

Pembimbing I



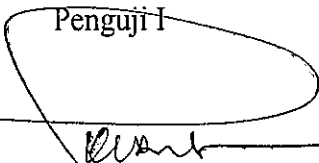
(Ir. Sumarno, M.Si)

Pembimbing II



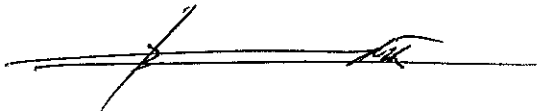
(Ir. Agus Hadiyanto, MT)

Penguji I



(Dr. Ir. Purwanto, DEA)

Penguji II.



(Ir. Syafrudin, CES, MT)

Ketua Program Studi

Magister Ilmu Lingkungan.



Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES.

Kata Pengantar

Berkat Rahmat Allah Yang Maha Kuasa dan atas limpahan kasihnya maka dengan ini penulis dapat menyelesaikan Tesis ini yang merupakan salah satu kegiatan yang memenuhi kurikulum yang paling berat bagi pendidikan Pasca Sarjana Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro tahun 2001-2003

Adapun judul Tesis ini adalah : *“Potensi Ekoeffisiensi di Dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu (Studi kasus)*

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. H.Sudharto P.Hadi ,MES selaku Ketua Program Studi ;
2. Ir.Sumarno,M.Si selaku Pembimbing I;
3. Ir. Agus Hadiyanto M.T selaku Pembimbing II;
4. Ir. Benny Ralahalu Bc.M,MM Selaku Ka. Bidang Sarana Diklat Pusdiklat Migas Cepu ;
5. Dr. Ir. H. Mudjito selaku Kepala Pusdiklat Migas Cepu;
6. Civitas Akademika Program Magister Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang;
7. Serta semua pihak yang telah memberikan kesempatan dan bantuan kepada penulis sampai selesainya penulisan Tesis ini.

Harapan penulis semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua.

Cepu, Juni 2003

Daryanto

DAFTAR TABEL

No.	Halaman
2.1. Beberapa Kajian Produksi-Produksi Bersih yang telah ada.....	4
4.1. Kondisi Operasi Dapur.....	21
4.2. Destilasi ASTM Crude Oil Tgl.21 April 2003.....	22
4.3. Spesifikasi Residu.....	22
4.4. Neraca bahan Proses Pengolahan Minyak Tgl. 25 April 2003	23
4.5. Perubahan ASTM Destilasi Crude Oil.....	24
4.6. Kondisi Operasi Dapur.....	25
4.7. Komposisi Bahan bakar Gas.	28
4.8. Komposisi Flue Gas pembakaran Bahan Bakar Gas.....	29
4.9. Komposisi Flue Gas Teorities Pembakaran Bahan bakar cair.....	30
4.10. Komposisi Flue Gas Teorities Pembakaran Bahan Bakar cair & Gas.....	31
4.11. Hubungan kelebihan Udara dengan penurunan efisiensi dapur	32
4.12. Hasil Pemeriksaan Emisi Cerobong asap dari Dapur Kilang.....	34
4.13. Hubungan Kelebihan udara dengan NO ₂	35

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
3.0. Diagram Metodologi	10
3.1 Diagram alir Crude Distillation Unit Pusdiklat Migas Cepu	13
3.2 Skematis Dapur Type Box	15
3.3. Evaporator Kilang Migas	16
3.4 Sketsa Dapur	17
4.1. Kurva Destilasi EFV Crude Oil Tgl. 21 April 2003	24
4.2. Hubungan Kelebihan udara dengan NO_2 , (HFO)	35
4.3. Hubungan Kelebihan udara dengan NO_2 , (NGO).....	36
4.4. Hubungan Emisi SO_2 dengan massa bahan bakar	36
4.5. Hubungan Emisi SO_2 dengan jumlah Kalori bahan bakar	

DAFTAR ISI.

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
ABSTRAK/INTISARI.....	viii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	1
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
BAB II. DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Pustaka	3
2.2. Potensi Perbaikan Kualitas lingkungan Jangka Panjang.....	5
2.3. Pendekatan umum Sistem manajemen lingkungan.....	6
2.4. Kajian Dapur Kilang Minyak Pusklat Migas Cepu	6
2.5. Manfaat Penerapan Teknologi Bersih	7
2.6. Kerangka Pemikiran Teoritis	8
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Metoda Pengumpulan Data.....	9
3.2. Metoda Perhitungan	11
3.3. Metoda Analisis Data.....	11
3.4. Skematis Prinsip kerja Dapur Kilang & Evaporator.....	12
3.5. Neraca Massa dan Neraca Panas.....	18
3.6. Data untuk analisis Biaya Marginal dan manfaat marginal.....	18
BAB.IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.	
4.1. Perhitungan efisiensi Dapur Kilang	20
4.2. Data spesifikasi Produk dan Neraca Bahan	21
4.3. Perubahan Destilasi ASTM ke EFV Tanggal 21 April 2003.....	23
4.4. Penetapan kandungan kalori yang diserap Oleh Crude Oil.	26
4.5. Unjuk Kerja Dapur Kilang.....	27
4.5.1. Unjuk kerja berdasarkan panas yang diterima.....	27
4.5.2. Unjuk kerja furnace dengan perhitungan Neraca Panas.....	27

4.6. Kelebihan Udara	33
4.7. Gas Buang	33
4.8. Pengaruh kelebihan udara terhadap terbentuknya NO ₂	35
4.9. Pengaruh Peningkatan efisiensi dengan Kelebihan Udara	36
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	39
5.2. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
DAFTAR LAMPIRAN.....	41

ABSTRAKSI

Dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu yang telah didirikan pada tahun 1930 sampai sekarang masih dapat dioperasikan dengan kapasitas sekitar 370.000 liter/hari. Sebagai salah satu kilang tertua di Indonesia, sudah tentu peralatan ini masih banyak yang harus selalu dibenahi dan diperbaiki agar operasi berjalan secara aman, ekonomis, dengan sedikit resiko pencemaran terhadap lingkungan.

Effisiensi Dapur di Kilang Pusdiklat Cepu sebesar 50 % dibawah effisiensi dapur dengan type yang sama. Dengan kondisi ini mengharuskan mengevaluasi kembali agar dapur lebih effisien serta mampu mengurangi emisi NO_2 dan SO_2 .

Dari hasil pengkajian operasi pengolahan Crude Oil dan pemakaian bahan bakar diperoleh kondisi optimum Dapur kilang pada kapasitas 362.000 liter/hari dan pemakaian bahan bakar 10.000 liter/hari. Effisiensi furnace menjadi 60 % dengan mengurangi kelebihan udara dari 400 % menjadi 300 %. sehingga Ton Standard Fuel Refinery (TSFR) menjadi 2,55 %vol sehingga dapat dihemat bahan bakar senilai **Rp.393.484.280,-** pertahun, dan hasil emisi $\text{NO}_x = 120$ ppm dan $\text{SO}_x = 3,85$ ppm

ABSTRACT

The Furnace of Pusdiklat Migas Refinery which was built in 1930 can still be operated until now, with capacity performance of approximately 370.000 Liter/day. As the one of the Old refinery refinery in Indonesia, of course this equipment need to maintenance and upgrading to get Safe and Economical operation with the risk of environmetal pollution risk.

The Operation of the furnace with 50 % effisiensi under of the same type which is generally must be reevaluation in order to gain increasing effisiensi and reduce NO_x and SO_x emmition.

From research and learning of Crude Oil Refining operation and fuel consumption it is concluded that the best performance of the furnace operation is in capacity of 362.000 liter/day with 10,000 liter/day of fuel consumption. When the increasing furnace effisiensi is raised 60 % by keeping Ton standard Fuel Refinery (TSFR)in 2,55 % upon reducing excess air from 400 % to 300 % there will be fuel saving in amount of Rp.393.484.280 per year with 120 ppm in NO_x and 3,96 ppm SO_x of gas emition.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang.

Furnace (Dapur) adalah suatu peralatan yang dipergunakan untuk melangsungkan reaksi pembakaran bahan bakar, tetapi bila tidak dikelola dengan baik juga memproduksi *emisi* dan membuang energi. Dapur pada umumnya terdapat pada *Boiler*, Kilang Migas, *Kiln*, dapur pabrik baja dan penerapan industri lainnya.

Suatu industri boiler telah melaporkan bahwa pada kebanyakan *boiler* (ketel uap) beroperasi dengan efisiensi dibawah 70 %, sedangkan pada kebanyakan dapur yang dipergunakan untuk keperluan selain untuk memproduksi uap air beroperasi dengan efisiensi dibawah 60 %, seperti misalnya dapur type Box. Kondisi ini diperkirakan akibat tidak beroperasinya dapur secara optimal.

Dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu adalah Dapur Kilang Minyak yang dibangun sekitar tahun 1930 di Indonesia yang hingga sekarang masih berdiri dan belum dipergunakan secara optimal pada operasi dapur. Optimalisasi dapur Kilang pada operasi dapur termasuk didalamnya pelaksanaan Konsep teknologi bersih sebagai bagian dari operasional pelaksanaan penggunaan sumber daya alam dalam hal ini *konservasi* (penghematan dan pemanfaatan) enersi belum seluruhnya di terapkan di Unit Pengolahan Minyak di Indonesia. Kondisi ini mengakibatkan resiko pencemaran lingkungan terutama resiko pencemaran udara makin bertambah. Hasil analisis Peluang penghematan energi diharapkan akan dapat dipakai untuk mengurangi pemakaian energi secara berlebihan dan dapat mengurangi pencemaran udara.

Untuk itu perlu dilakukan penelitian eksperimental dengan menggunakan Dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu sebagai model fisik karena dapur Kilang tersebut adalah salah satu cikal bakal Kilang Migas yang didirikan di Indonesia oleh Maskapai Belanda yang sampai saat ini masih tetap dapat beroperasi dengan baik.

1.2 Perumusan Masalah

Dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu belum menggunakan suatu sistem yang dapat dipergunakan untuk meningkatkan efisiensi didalam mengolah minyak khususnya optimalisasi kondisi operasi yang dapat mengurangi pemakaian bahan bakar sekaligus mengurangi pencemaran emisi SO_x dan NO_x sebagai gas buang hasil proses pembakaran bahan bakar didalam dapur kilang .

1.3. Tujuan Penelitian.

Adapun tujuan dari pada penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan efisiensi pembakaran dapur kilang Pusdiklat Migas Cepu dengan cara mengurangi pemakaian bahan bakar.
2. Menurunkan tingkat pencemaran NO_x dan SO_x ke lingkungan

1.4. Manfaat Penelitian.

Dengan pembuktian masalah optimasi dapat ditingkatkan efisiensi dan sekaligus mengurangi pencemaran udara , maka industri minyak dan lainnya akan terdorong untuk melakukan optimasi operasional dapur karena :

- Dengan optimasi ini diharapkan kuantitas dan konsentrasi emisi yang dihasilkan dapat diminimalkan dan,
- Sebagai dasar pertimbangan untuk melakukan pengaturan operasional dan pemeliharaan yang aman dan ekonomis.

BAB II.

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka.

Terdapat banyak teknologi bersih yang diterapkan di dunia industri. Beberapa tingkatan teknologi bersih antara lain *Best Practicable Control Technology Curently Available – 1977(BPCTCA)*, *Best Availabe Technology Economicly Achievalbe 1983 (BATEA)* serta (*elimination of Discharge of Pollutant –1985(EDOP)* (Sittig,1978). Ketiga teknologi tersebut dilaksanakan dengan menerapkan konsep teknologi bersih “ *in and end pipe*”

Potensial penghematan energi dapat dipergunakan untuk mengurangi limbah dari sumbernya dengan cara mengurangi jumlah penggunaan energi karena adanya peningkatan efisiensi yang pada akhirnya akan mengurangi produk emisi dari gas buang dari dapur.

Batu bara memiliki emisi CO₂ tertinggi (25 kg/GJ) dibandingkan minyak bumi 20,3 kg/GJ, dan gas Bumi 13,7 kg/Gj (Purnomo Yusgiantoro , 2000).Negara Industri yang memakai bahan bakar *fossil* sejak 100 tahun yang lalu mempunyai produksi CO₂ yang cukup tinggi dengan poduksi CO₂ sebesar 4,95 miliar ton /tahun, sedangkan negara berkembang memproduksi saat ini sekitar 2,35 miliar ton/tahun saat ini .

Perkembangan teknologi bersih mengikuti perkembangan baku mutu limbah di Amerika Serikat yang semakin lama semakain ketat (Sittig, 1978) yang dalam pengembangannya masih terus dilakukan hingga saat ini, termasuk penelitian optimasi penggunaan *low NO_x burner* dalam operasi dapur.

Kegiatan industri minyak di Indonesia yang meliputi kegiatan eksplorasi produksi, pengolahan dan pemasaran dalam negeri perlu melakukan optimalisasi penerapan tenologi bersih guna mengurangi jumlah dan konsentrasi limbah mengingat industri ini bersifat strategis dan jenis beragam dengan kuantitas dan konsentrasi cemaran dalam limbahnya (Sittig, 1978; Thanch , 1998). Pada Industri Perminyakan yang memiliki berbagai bagian unit pengolahan menghasilkan limbah terbesar baik secara kualitas, konsentrasi, serta keragamannya. Metoda teknologi bersih di Industri umumnya dan industri minyak pada khususnya dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan :

- Pelaksanaan *System House Keeping* yang lebih baik;
- Melakukan/meningkatkan program-program daur ulang limbah industri cair, padat dan gas *on site* ataupun *off site*;

- Penyempurnaan teknologi proses guna peningkatan efisiensi termasuk penyempurnaan peralatan prosesnya;
- Melakukan substitusi bahan baku dan bahan pembantu dalam proses produksinya serta
- Modifikasi proses dan produk.

(Thanch,1998;Smith,1995 EPA-Victoria,1994; Sittig , 1978)

Beberapa kajian penerapan teknologi bersih yang pernah dilakukan pada beberapa industri perminyakan sebagaimana tercantum dalam berbagai literatur adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1. Beberapa kajian produksi produksi bersih yang telah ada.

No	Metoda	Diskripsi	Kajian teknik	Financial
1	Daur Ulang	Memanfaatkan kembali limbah yang dihasilkan	<ul style="list-style-type: none"> - Daur ulang air pendingin. - Daur ulang <i>effluent</i> dari stripper untuk influent desalter. - Pemanfaatan tampungan air hujan untuk fire safety. - 28% limbah cair tereduksi. - Reduksi HC dengan vapour balancing pada saat <i>loading , unloading</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Biaya restribusi pengambilan turun. - Mengurangi biaya operasi IPAL - Biaya Pembuatan Bak Penampung - Mengurangi biaya operasi IPAL. - Mengurangi biaya operasi recycle.
2.	Penyempurnaan peralatan proses	Substitusi <i>energy absorber</i> pada <i>desalter</i>	<i>Oil Losses</i> turun	Biaya <i>Recovery</i> minyak turun
3.	Penyempurnaan peralatan proses	Penyempurnaan sistem pembakaran dalam dapur	<i>Low NO_x burner</i> dikombinasikan dengan SCR memberikan tingkat emisi terendah	Diperoleh pilihan metoda dengan biaya terendah
4.	Penyempurnaan peralatan proses	Penggantian Barometric <i>Condensor</i> dengan <i>air fan coller</i>	Kuantitas limbah cair mengandung minyak turun	Biaya pengambilan air baku turun.

Sumber : Sittig.1978,Smith,1995, Petrominer 1995; Thanch , 1998,Helm,1998, Frech,2000, Genco,2001; Adams,2001 ; Sieli, 2001, Petro Propen, 2001.

Menurut Sittig (1978) dan Environmental Protection Agency (EPA,1994) penerapan tiap metoda teknologi bersih diatas disesuaikan dengan masing-masing jenis kegiatan, tipe proses, teknik perencanaan, teknik pengorganisasian serta komitmen industri yang ada.

2.2. Potensi perbaikan kualitas lingkungan jangka panjang.

Dengan mengoptimalkan penerapan Teknologi bersih, jumlah timbunan limbah secara kuantitas dan kualitas dapat diminimalkan (Sittig, 1978; Smith 1995; Thanch , 1998). Beberapa timbunan limbah yang dapat diminimalkan melalui mekanisme optimalisasi penerapan produksi bersih di Industri minyak adalah :

- a. Limbah cair yang mengandung minyak (Sittig, 1978);
- b. Limbah pada dan limbah bahan berbahaya dan beracun (Sittig, 1978;Smith 1995; Thanch, 1998; Geno ,2001);
- c. Emisi gas dan kebisingan (Sittig, 1978, French,2000; Mc.Adams et all, 2001).

Berkurangnya kuantitas dan konsentrasi *polutan*(cemaran) pada outlet buangan akan mengurangi beban fasilitas pengolahan limbah seperti unit pengolah limbah air buangan/limbah cair. (Instalasi Pengolahan Air Limbah ,IPAL) dengan proses fisika, kimia dan biologinya yang terikat kinerja Pengolahan atas Baku Mutu Air Limbah, sesuai Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomer 42/MENLH/1996 tentang Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi serta Baku Mutu Peruntukan air sesuai Peraturan Pemerintah Nomer 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas air dan Pengendalian Pencemaran air. Disisi lain pengelolaan limbah padat dan B 3 yang menggunakan teknologi *Incenerator, solidifikasi,enkapsulisasi, fiksasi*, dan seterusnya sesuai dengan peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.85.Tahun.1999 .tentang perubahan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B 3. Serta Unit pengelolaan cemaran udara dengan (*adsorbsi,absorbsi, flue gas desulfurization, selective catalytic recovery, clauss plant* dan seterusnya yang terikat pada baku mutu sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomer KEP/13/MENLH/3/1995 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tak Bergerak.

Pengoperasian peralatan pengelolaan limbah dengan teknologi akhir pipa (*end pipe technology*) tidak mudah (Suratmo, 1995,Smith,1995) dalam arti bahwa banyak variable operasi yang harus dikendalikan. Dengan demikian resiko terjadinya penyimpangan kondisi operasi cukup besar yang dapat mengakibatkan potensi terlepasnya cemaran ke lingkungan juga cukup besar, akhirnya akan menurunkan kualitas lingkungan (Marwoto, 1988). Bila pelepasan cemaran terjadi secara terus menerus, sampai pada titik tertentu akan melampaui daya tampung lingkungan sehingga terjadi pencemaran sebagaimana tersirat pada Undang-Undang Lingkungan Hidup No.23 Tahun 1997.

Sebaliknya pengendalian timbunan limbah akan meningkatkan kualitas lingkungan dan menurunkan tingkat resiko pencemaran lingkungan jangka panjang. Kualitas lingkungan yang

diperbaiki akan meliputi kualitas komponen lingkungan biotik maupun abiotik seperti perairan, tanah, dan udara serta flora dan fauna (Fadeli, 1995) dan tingkat kesehatan masyarakat (Sudharto, 1995, Petrominer, 1995, Patra Proben, 2001).

2.3. Pendekatan Umum Sistem Manajemen Lingkungan.

Pengendalian pencemaran yang diterapkan di berbagai kegiatan industri khususnya di Indonesia belum sepenuhnya mengabungkan sistem pengendalian limbah dengan teknologi akhir pipa (*end of pipe management*) dengan penerapan teknologi bersih / *cleaner production system*, sistem minimalisasi limbah / *waste minimization system* (Smith, 1995), ataupun sistem pencegahan polusi / *Pollution Prevention System*. (Sasongko, 2000).

Teknologi bersih adalah suatu cara menjalankan proses dan atau kegiatan (EPA-Victoria, 1994). Keuntungan penerapan teknologi bersih adalah dapat diandalkan untuk penyelesaian masalah lingkungan jangka panjang, terutama terkait dalam penghematan bahan/energi, biaya pengolahan serta lokasi/lahan penimbunan akhir limbah (Thanch, 1998), serta dapat meminimalisasi kerugian. Penerapan Sistem Manajemen Lingkungan diharapkan dapat menghasilkan limbah gas dan air akan mengikuti baku mutu yang dipersyaratkan oleh Pemerintah, sehingga kemampuan daya tampung lingkungan dapat dipertahankan untuk jangka waktu lebih panjang..

Mempertimbangkan hasilnya baru terlihat pada jangka waktu yang lama, dengan resiko operasional cukup tinggi, dengan prosedur yang kompleks maka penentu kebijakan tidak banyak mengkajinya terutama pada era otonomi daerah dimana pendapatan asli daerah merupakan pertimbangan utama dari pada pertimbangan lingkungan. Oleh karena itu, pengendalian lingkungan hendaknya dilakukan secara integral dengan komitmen semua pihak (Thanch, 1998)

2.4. Kajian Dapur Kilang Minyak Pusdiklat Migas Cepu.

Dapur Kilang Minyak Cepu, adalah dapur Kilang minyak yang dibangun sekitar tahun 1930, yang sampai sekarang masih dapat dioperasikan dengan baik. Dapur adalah Unit yang paling penting didalam mengolah minyak bumi (*Crude Oil*) menjadi produk-produknya.

Minyak bumi, sampai saat ini merupakan sumber energi terbesar didunia, walaupun telah dilakukan berbagai penelitian tentang sumber energi alternatif, tetapi belum ada sumber energi yang murah, mudah dan aman selain minyak bumi.

Secara kimia, minyak bumi merupakan campuran yang sangat kompleks dari senyawa-senyawa Hidrokarbon, Logam, Belerang, Nitrogen, Oksigen dan senyawa garam-garam yang

lain. Komposisi senyawa-senyawa tersebut sangat bervariasi, bergantung pada kondisi geografis lokasi diketemukannya minyak bumi dari perut bumi. Senyawa-senyawa tersebut didalam minyak bumi akan mempengaruhi proses dan pengendaliannya untuk diolah menjadi produk-produknya. Saat ini teknologi proses pengolahan minyak bumi menjadi produk-produk turunannya hampir mencapai titik kulminasi, sehingga dianggap kurang menarik mengembangkan teknologi proses pengolahan baru. Yang perlu untuk dikembangkan adalah unjuk kerja proses pengolahan dalam upaya meningkatkan efisiensi sehingga pemakaian sumber energi semakin berkurang dan berkurang pula pencemaran terhadap lingkungan.

Dapur sebagai salah satu unit proses pengolahan minyak bumi, berfungsi untuk memanaskan minyak bumi dari suhu awal menjadi suhu yang lebih tinggi sehingga terjadi penguapan yang dilanjutkan dengan proses pengembunan dan pendinginan. Untuk memanaskan minyak bumi tersebut diperlukan bahan bakar dari proses pengolahan minyak bumi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dapur selain untuk memindahkan energi panas kedalam minyak bumi juga terjadi pencemaran udara oleh gas buang dari bahan bakar yang terbakar. Produk turunannya dari Pengolahan minyak bumi dapat dipisahkan berdasarkan pada perbedaan *specific gravity* masing-masing komponen dan trayek didih komponen tersebut didalam Unit Kolom *fraksinasi* Pengolahan minyak bumi.

Sehingga dengan demikian dapat dinyatakan bahwa pemakaian bahan bakar menjadi salah satu biaya yang harus dikaji terus menerus agar Dapur beroperasi pada kondisi optimal. Upaya untuk mengoptimalkan teknologi bersih sering terhalang oleh kendala finansial. Biaya yang timbul (biaya langsung/biaya terukur/tangible cost) sebagai konsekuensi optimasi teknologi bersih antara lain :

- a. Biaya pembelian alat baru serta biaya pemasangannya.
- b. Kenaikan biaya pengadaan bahan baku /bahan pembantu.
- c. Kenaikan biaya perawatan.
- d. Kenaikan biaya pelatihan karyawan.
- e. Biaya konsultan dan administratif lainnya.

2.5. Manfaat Penerapan Teknologi Bersih pada Dapur

Untuk mendapatkan kondisi optimal pada operasi Dapur diperlukan pengamatan dan penelitian terus menerus . Bila ditinjau dari bahan bakar, maka bahan bakar tersebut harus terbakar sempurna, dalam jumlah yang sedikit, mempunyai kandungan sulphur yang serendah mungkin. Pendekatannya dapat dilakukan dengan menggunakan bahan bakar yang memproduksi gas buang yang bersih. Untuk itu harus diketahui kondisi optimal dapur Kilang

Pusdiklat Migas Cepu, sehingga dapur dapat dioperasikan pada kondisi operasi yang mempunyai efisiensi tertinggi sehingga membuang emisi SO_x dan NO_x yang rendah ke lingkungan., dilain pihak biaya operasi dari bahan bakar akan turun

Dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu, yang beroperasi pada kapasitas dari 350.000 Liter perhari sampai 3885.000 Liter perhari, belum menggunakan sistem yang dipakai untuk mengendalikan kapasitas operasi dalam kondisi tertentu. Hal ini menyebabkan Operasi furnace tidak pada kondisi operasi pada efisiensi yang tertinggi.

2.6. Kerangka Pemikiran Teoritis

Untuk menganalisa potensial penghematan energi pada optimasi penerapan Teknologi bersih pada dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu diperlukan perhitungan efisiensi dapur pada kondisi operasi .

- a. Menghitung efisiensi dapur dapat diperoleh Panas yang diterima oleh minyak bumi dan panas yang diberikan;
- b. Menghitung efisiensi dapur melalui pendekatan dari panas yang masuk dan panas yang hilang melalui cerobong asap,
- c. Menghitung dan menganalisa emisi SO_x dan NO_x yang dibuang melalui cerobong asap;
- d. Menghitung dan menganalisa emisi SO_x dan NO_x yang dibuang melalui cerobong asap, dan apabila menggunakan usulan sistem optimalisasi yang sebaiknya diterapkan pada operasi dapur Kilang;
- e. Menetapkan kapasitas operasi yang memungkinkan operasi pada penggunaan bahan bakar dan emisi SO_x dan NO_x yang minimal

Dari perhitungan efisiensi pada kondisi sekarang ini akan dapat diperoleh dan dipilih metoda optimasi teknologi bersih pada Dapur Kilang minyak di Pusdiklat Migas Cepu . Tentunya pilihan metoda tersebut selain dapat diterapkan juga menyangkut keuntungan terhadap metoda operasi yang sekarang sebelum metoda optimalisasi diterapkan dan kemungkinan terjadinya pencemaran jangka panjang dapat diminimalkan. Kajian ini harus dilakukan terus menerus antara praktis operasi diterapkan.

BAB III.

METODA PENELITIAN.

3.1. Metoda Pengumpulan Data.

Data untuk penelitian kajian eksperimental ini dapat diperoleh melalui pengukuran, pemeriksaan dan juga berdasarkan perhitungan dari data yang telah terkumpul itu sendiri (bila alat ukur yang tersedia di lapangan tidak ada). Tidak semua data akan digunakan maka agar tidak tumpang tindih data yang diperlukan saja yang akan diukur dan diperiksa, terutama ;

- Data untuk analisa penghematan energi di Dapur
 1. Data primer diperoleh melalui studi lapangan di Pusdiklat Migas Cepu.
 2. Data sekunder penerapan produksi bersih diperoleh melalui studi banding di beberapa industri minyak yang memiliki tingkat penerapan teknologi bersih lebih baik serta melalui studi literatur.
- Sifat dan jumlah *Crude Oil* (Minyak Bumi) diperlukan untuk mengetahui kandungan panas yang diserap, dan jumlah crude yang teruapkan dan yang belum teruapkan. Klasifikasi minyak bumi dilakukan berdasarkan atas harga faktor karakteristik (K_{uop}) yang dirumuskan dalam bukunya Nelson adalah :

$$K_{uop} = \sqrt[3]{\frac{MTB}{SG}} \dots\dots\dots 3.1)$$

Bila harga K lebih besar dari 12 maka Minyak bumi diklasifikasikan kedalam golongan parafinik dan harga K antara 11-12 crude Oil diklasifikasikan kedalam golongan Intermediate dan bila harga K lebih kecil dari 11, diklasifikasikan kedalam golongan Naftenik.

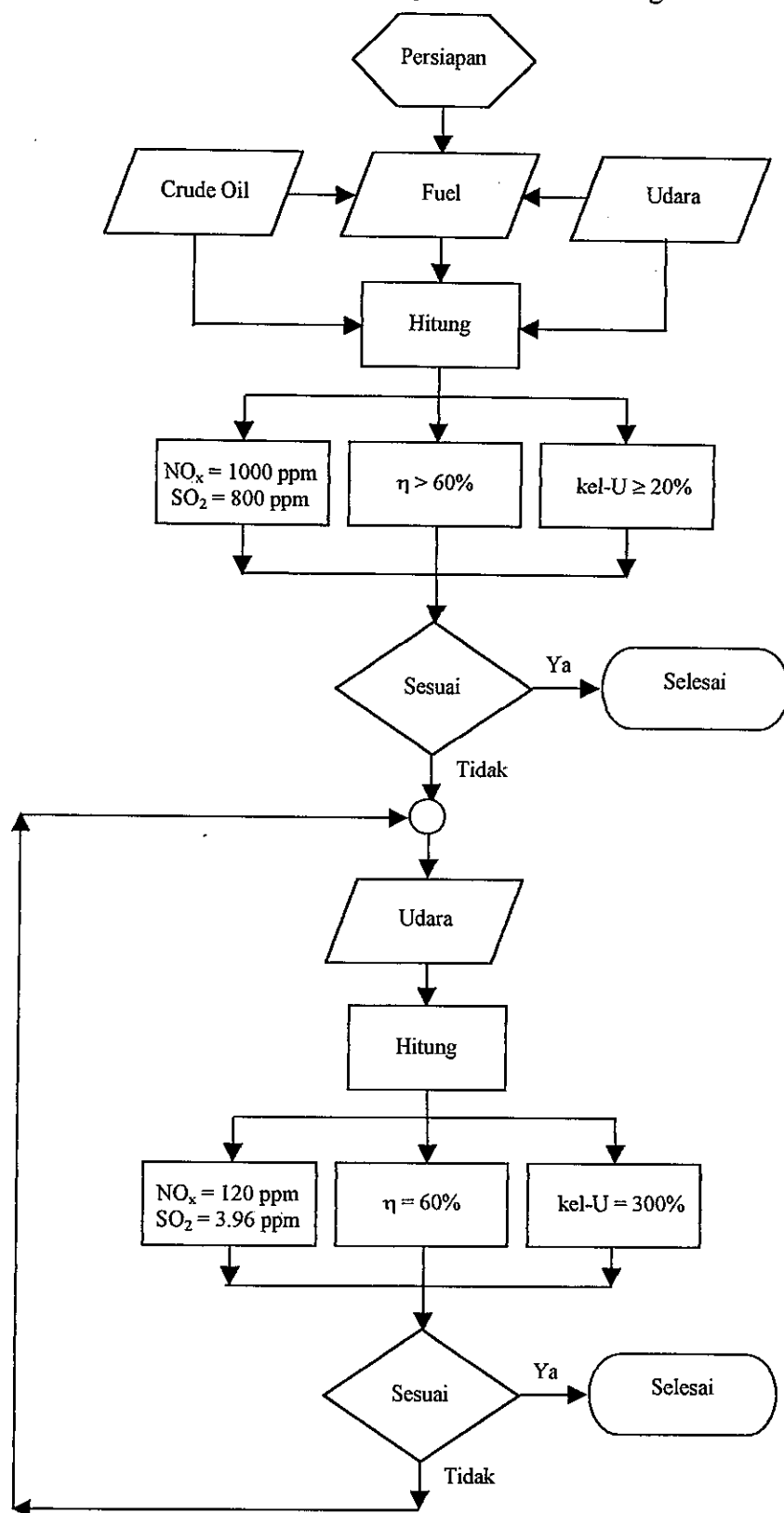
Faktor karakteristik merupakan faktor yang sangat menentukan dalam kondisi operasi pemisahan Minyak Bumi menjadi fraksi-fraksinya.

- Sifat bahan bakar diperlukan untuk mengetahui kandungan kalori yang dihasilkan .

Dengan bantuan *Specific Gravity* (SG) atau $^{\circ}\text{API}$ dapat diketahui secara umum kandungan kalori bahan bakar tersebut apabila bahan bakar tersebut dibakar sempurna, serta dipakai untuk menentukan kandungan emisi SO_x dan jumlah udara yang dibutuhkan untuk keperluan pembakaran bahan bakar.

- Diagram alir Metodologi :

Diagram alir metodologi ini diperlukan untuk mempermudah pembacaan alur pikir dalam penulisan dan analisa perhitungan. Diagram terlihat dalam gambar 3.1. dibawah ini



Gambar 3.1 Diagram alir Metodologi

3.2. Metoda Perhitungan

Untuk menghitung efisiensi dapur pada kondisi operasi sekarang ini memerlukan data yang cukup banyak. Melihat sistem proses operasi dapur, maka yang diperlukan adalah variabel operasi dapur, kondisi operasi, sifat bahan bakar, sifat minyak bumi (*Crude Oil*) dan kondisi peralatan.

Dari sifat bahan bakar kita akan memperoleh kandungan energi yang berada dalam bahan bakar tersebut serta dapat pemakaian udara yang dibutuhkan dan menghitung emisi SO_x secara pemeriksaan gas buang ataupun secara teoritis.

Dari kondisi suhu minyak bumi masuk dan suhu minyak bumi keluar dapur kita akan diperoleh jumlah panas dari pembakaran bahan bakar yang diserap oleh minyak bumi dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q = H_d = \bar{m} \cdot (H_2 - H_1) \dots\dots\dots 3.2)$$

Keterangan :

- Q = Jumlah Panas, KJ/jam, BTU/jam
- H_d = Panas yang diterima oleh Crude Oil, KJ/jam, BTU/jam.
- \bar{m} = Laju Alir Massa Crude Oil, Kg/jam, Lb/jam.
- H_2 = Kandungan Kalori Crude Oil keluar dari dapur, KJ/Kg, BTU/Lb.
- H_1 = Kandungan Kalori Crude Oil masuk dapur, KJ/Kg, BTU/Lb.

Dari hukum kekekalan energi sehingga dari sisi panas yang masuk kedalam dapur dan panas yang hilang melalui cerobong asap dan radiasi juga dapat dihitung dengan formula sebagai berikut ini :

$$Q = H_d = H_i - H_L \dots\dots\dots 3.3)$$

Keterangan :

- Q = Jumlah panas, (Kj/jam, BTU/jam)
- H_d = Panas yang diterima Oleh Crude Oil, (KJ/jam, BTU/jam.)
- H_i = Panas yang masuk dalam dapur, (KJ/jam, BTU/jam.)
- H_L = Panas yang hilang melalui cerobong asap, (KJ/Jam, BTU/jam.)

Perbandingan antara energi yang diterima oleh minyak bumi dengan energi yang masuk dari pembakaran bahan bakar dikurangi energi yang terbawa gas buang memperoleh efisiensi dapur Kilang sekarang ini. sehingga substitusi persamaan 3.2) dan persamaan 3.3) dapat ditulis formula sebagai berikut ini :

$$\eta_{th} = \frac{H_d}{H_i} \times 100\% = \frac{H_i - H_L}{H_i} \times 100\% \dots\dots\dots 3.4)$$

Keterangan :

$$\eta_{th} = \text{efisiensi panas, \%}$$

3.3. Metoda Analisis Data.

Dari perhitungan pada efisiensi dapur, perhitungan pemakaian udara serta pemeriksaan emisi dan bantuan kurva yang diperoleh pada waktu perhitungan maka akan dapat dianalisa :

1. Efisiensi dapur pada kondisi sekarang;
2. Jumlah pemakaian udara kondisi sekarang;
3. Emisi dalam operasi dapur kondisi sekarang.

Dengan menganalisa perhitungan dan data kurva yang diperoleh pada waktu perhitungan dapat disimpulkan langkah-langkah yang paling baik agar pemakaian bahan bakar berkurang dan emisi diminimalkan. Untuk itu data yang dibutuhkan untuk perhitungan

1. Kondisi operasi, neraca bahan dan neraca panas dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu.
2. Spesifikasi minyak bumi, spesifikasi produk , spesifikasi bahan bakar, jumlah minyak bumi yang diolah dan jumlah bahan bakar yang dipakai.
3. Emisi NO_x dan SO_x
4. Beberapa konfigurasi operasi furnace kilang

3.4 Skematis Prinsip Kerja Destilasi , Dapur dan Minyak Mentah.

3.4.1. Proses Pengolahan Minyak Mentah (Crude Oil)

Proses Pengolahan minyak mentah menjadi produk-produk minyak bumi dilakukan didalam Kilang Minyak. Minyak bumi diproses untuk memperoleh fraksi-fraksi minyak melalui proses pemisahan sesuai rentang temperatur didih. Proses pemisahan utama yang digunakan adalah Proses Destilasi. Kondisi operasi ditentukan setelah dilakukan spesifikasi terhadap produk yang diinginkan. Spesifikasi yang umum adalah temperatur penguapan dengan persen penguapan minyak dari alat destilasi skala Laboratorium yang telah distandarkan. Alat destilasi yang biasa digunakan adalah alat destilasi dengan standard ASTM D-86. Data destilasi tersebut kemudian diubah (dikonversikan) ke *Equilibrium Flash Vapourization* (EFV) yang sudah dikoreksi dengan media lainnya. Peralatan utama dalam Unit Destilasi adalah sebagai berikut :

1. Furnace.
2. Kolom fraksinasi.
3. Kolom striping.
4. Alat Penukar panas.
5. Pompa
6. Tanki dan Vessels.
7. Instrumentasi.

Lihat gambar No.3.2. Flow diagram Crude Distillation Unit Pusdiklat Migas Cepu

Spesifikasi alat-alat operasi yang digunakan dirancang dengan memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut:

a. Daerah didih bahan yang diolah.

Tidak semua minyak bumi diolah dalam kondisi operasi yang sama. Minyak bumi yang mudah menguap diproses pada tekanan tinggi dan pada suhu kamar atau pada tekanan atmosferik dan suhu rendah. Minyak yang sangat sukar menguap diproses pada tekanan hampa untuk menjaga agar suhu penguapan tidak mencapai suhu perengkahan.

b. Stabilitas minyak terhadap suhu.

Perengkahan mulai terjadi pada suhu 680°F sehingga pada operasi pengolahan minyak, suhu operasi dijaga agar tidak melampaui suhu tersebut. Selain itu pada sekitar suhu tersebut terjadi perubahan warna minyak produk sehingga seringkali minyak dianggap tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

c. Spesifikasi Produk.

Didalam mengolah minyak bumi menjadi produk-produknya, Kilang Minyak terikat pada spesifikasi pemasaran yang telah ditetapkan. Kondisi operasi pengolahan ditentukan berdasarkan spesifikasi yang telah ditetapkan

3.4.2. Dapur

Dapur adalah alat pemanas utama dari umpan minyak mentah dari Ledok dan Kawengan Cepu setelah mengalami pemanasan awal di *Heat Exchanger* (HE). Sumber panas diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar residu dan gas alam yang dicampur dengan udara pada perbandingan tertentu. Type dapur yang dipakai adalah tipe *Box Furnace* dengan *tube* yang terdapat didaerah radian dalam posisi *Horisontal*.

Burner sebagai alat pembakaran dapur kilang menggunakan bahan bakar residu eks Hasil produk Kilang sendiri dan bahan bakar gas. Bahan bakar *residu* diperoleh dari Kilang Pusdiklat Migas sekitar 28-30 % dari hasil pengilangan dan bahan bakar gas diperoleh dari gas alam. Dari hasil perolehan bahan bakar *Residu* pada umumnya kilang membutuhkan sekitar 5-10 % Volume untuk keperluan sendiri baik untuk keperluan bahan bakar untuk Operasi Ketel Uap dan untuk operasi Kilang. Pada umumnya bahan bakar *residu* mempunyai kandungan belerang yang tergantung dari mana minyak bumi diperoleh. *Residu* dari Timur Tengah pada umumnya mempunyai kandungan Belerang yang tinggi sehingga proses pembakarannya menghasilkan emisi SO_x yang cukup tinggi pula dibandingkan dengan Residu produk dari minyak bumi dari daerah lain.

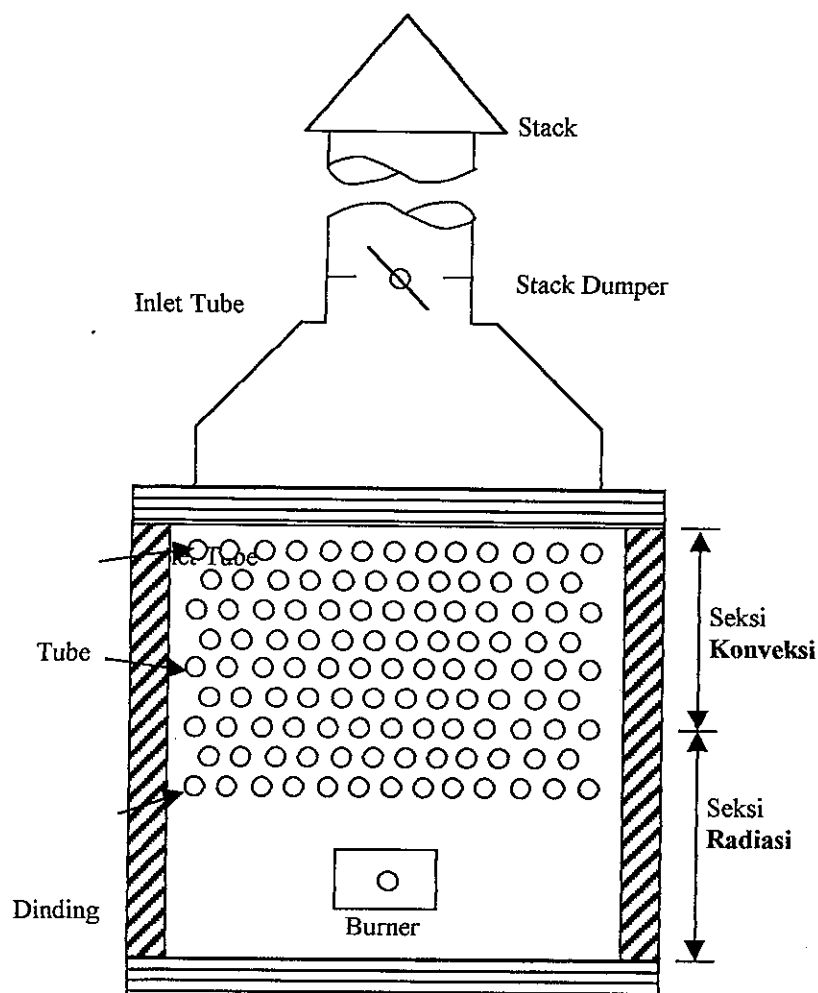
Agar terjadi pembakaran sempurna disamping adanya kelebihan udara yang dilakukan dengan mengatur bukaan udara primer juga dengan mengatur bukaan damper gas buang dan dengan mengkabutkan bahan bakar residu melalui tekanan tinggi.

Spesifikasi Dapur :

Jenis	: Box
Dinding	: Batu tahan api.
Jenis pembakaran	: Lyunet N. Presuure atomizer.
Bahan bakar	: Residu dan gas.
Jumlah pipa	: 95 buah.buah.
Panjang pipa	: 6 meter.
Diameter	: 4 inch.
Jenis draft	: Natural.
Letak pipa	: Horisontal.
Kapasitas	: 200 m ³ /hari.
Bahan konstruksi	:

- Low Chrom molybdenum steel. (Bagian radiasi)
- Carbon steel (bagian konveksi).

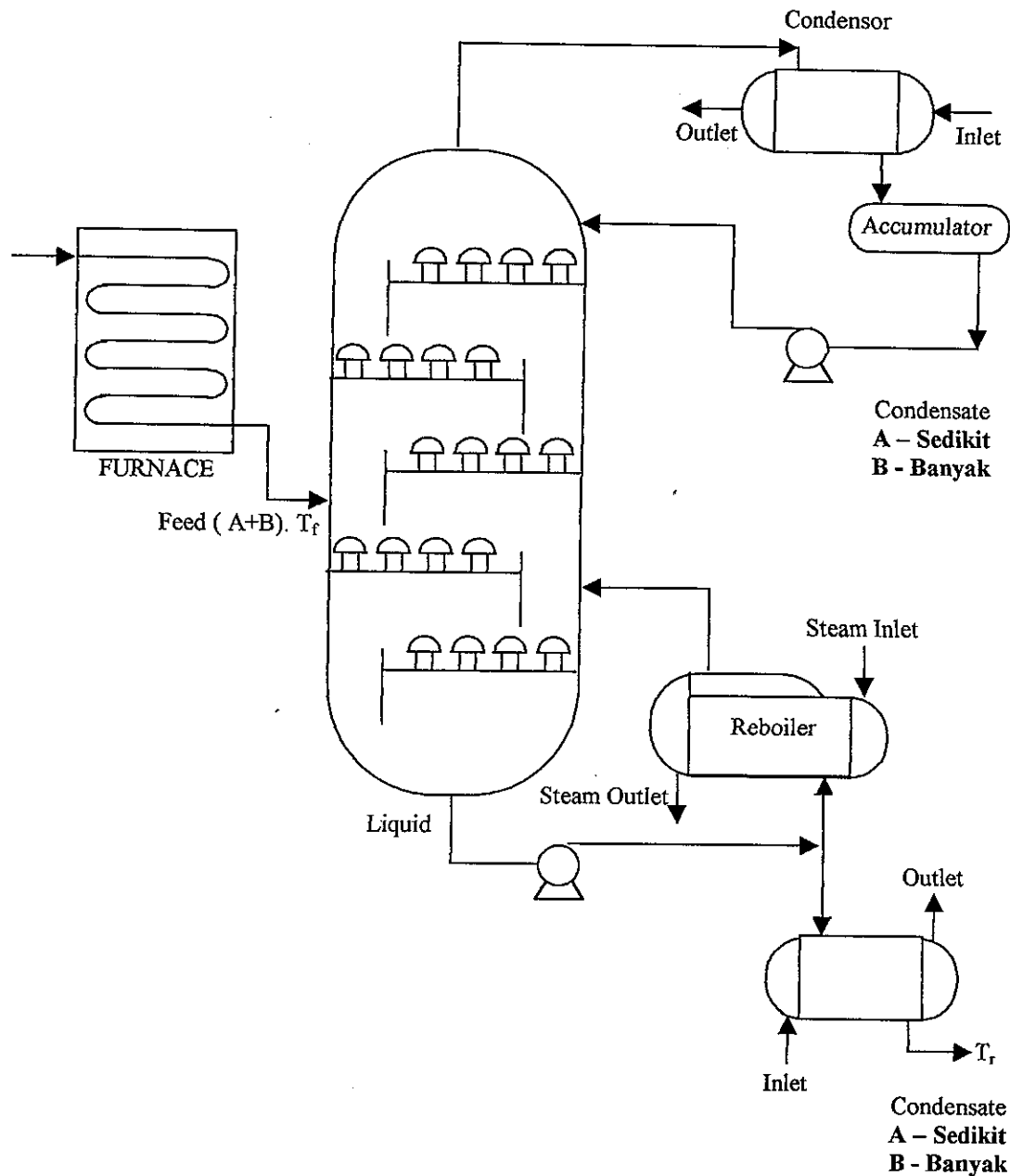
Lihat Gambar 3.3



Gambar 3.3 Skematis Dapur Type Box

3.4.3. *Evaporator :*

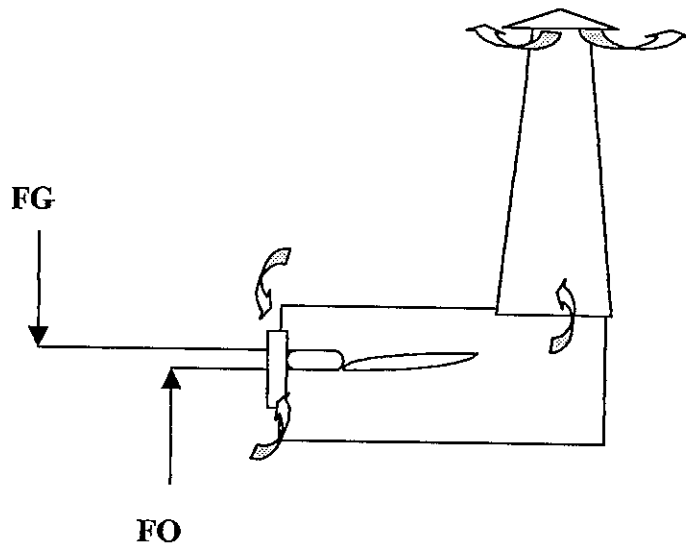
Evaporator yang berkapasitas 600 m³/hari berfungsi untuk memisahkan fraksi ringan dan berat dari minyak mentah yang telah dipanaskan mencapai suhu tertentu didalam dapur. Fraksi ringan yang teruapkan sekitar 70 % dari jumlah minyak mentah yang diolah dengan tekanan 1,3 Kg/cm² absolut.dengan suhu 325 °C.Lihat gambar 3.3.



Gambar 3.4 Evaporator Kilang Migas

Dengan suhu minyak bumi keluar dari dapur dan dengan bantuan ASTM Destilasi minyak bumi dari pemeriksaan Laboratorium dan grafik yang diperoleh dari Nelson dapat dipakai untuk menentukan heat content baik untuk fraksi yang menguap dan fraksi yang tidak

menguap. Petunjuk penggunaan grafik untuk menentukan heat content terdapat dalam lampiran.



Gambar 3.5. Sketsa Dapur

Dari gambar sketsa sistem diatas diperkirakan terdapat penghematan energi teknologi bersih dengan cara :

1. Tanpa Penambahan peralatan.
2. Dengan penambahan peralatan.

Penerapan teknologi bersih dengan metoda penambahan peralatan adalah membutuhkan biaya investasi. Hal ini berarti teknologi bersih tidak ekonomis untuk diterapkan, sedangkan penghematan energi dengan teknologi bersih tanpa penambahan peralatan dapat dilakukan dengan

1. Pengurangan kelebihan udara.
2. Pengurangan kebocoran udara
3. Pengurangan suhu gas buang.
4. Menaikan suhu bahan bakar.
5. Menaikan suhu udara pembakar.
6. Mengurangi endapan kerak dalam sisi cairan.
7. Mengurangi tumpukan kerak pada sisi api.
8. Kurangi kebocoran dalam dapur.
9. Pemanfaatan gas dari gas buang panas
10. Pemanfaatan energi dari produk.
11. Kurangi kehilangan panas radiasi dan konveksi.
12. Operasikan pada beban maksimum.

Pengurangan emisi dengan :

1. Pemakaian bahan bakar yang lebih bersih dari sulfur.
2. Pemakaian burner dengan Low NO_x

3.5 Neraca Massa dan Neraca Panas

Dengan memanfaatkan data kondisi operasi dan perubahan yang terjadi diperoleh neraca massa dan neraca panas dari berbagai kondisi operasi yang dipergunakan untuk mencari optimasi penghematan energi.

Neraca massa adalah jumlah massa yang masuk kedalam dapur baik dilihat dari sisi minyak bumi yang masuk ataupun dapat dilihat dari bahan bakar yang masuk kedalam dapur.

Neraca panas diperoleh dari laju alir massa minyak bumi dikalikan dengan kandungan kalori yang masuk dan yang keluar. Perhitungan yang lainnya dapat diperoleh dari bahan bakar yang masuk kedalam dapur dapat dilihat dari massa bahan bakar yang masuk dalam dapur, termasuk udara keperluan pembakaran. dikurangi dengan gas buang keluar dapur melalui cerobong asap.

Sebelum penggunaan teknologi bersih efisiensi dapur adalah sebagai berikut :

$$\eta_{SB} = \frac{H_d}{H_i} \times 100\% = \frac{H_i - H_L}{H_i} \times 100\% \dots\dots\dots 3.5)$$

Keterangan :

η_{SB} = Efisiensi dapur sebelum penggunaan teknologi bersih, %

H_i = Panas yang masuk, BTU/jam

H_L = Panas yang hilang, BTU/jam.

Dengan kelebihan udara 100 % maka efisiensi dapur menjadi:

$$\eta_{SB} = \frac{H_i - H_L}{H_i} \times 100\%$$

3.6. Data untuk analisis biaya marginal dan manfaat marginal.

Data primer biaya dan manfaat langsung penerapan teknologi bersih diperoleh dengan melakukan studi lapangan di wilayah studi. Dengan perhitungan yang sama dengan sebelum menggunakan teknologi bersih efisiensi teknologi bersih diperoleh :

$$P_s = \frac{\eta_{TB} - \eta_{SB}}{\eta_{TB}} \times 100\% \dots\dots\dots 3.6)$$

Keterangan :

P_s = Penghematan yang dicapai. (%)

Sedangkan analisis biaya dan manfaat penggunaan optimasi teknologi bersih diharapkan akan diperoleh :

1. Biaya dan manfaat langsung untuk Teknologi bersih yang akan diterapkan
2. Besarnya emisi gas setelah penerapan Teknologi bersih dengan perhitungan secara teoritis.

BAB IV.

HASIL DAN PEMBAHASAN.

4.1. Perhitungan Effisiensi Dapur Kilang.

Refinery fuel (Bahan bakar Kilang) yang digunakan di Kilang pada umumnya terdiri dari beberapa bahan bakar ,oleh karena itu untuk menghitung jumlah bahan bakar yang digunakan di dapur Kilang disepakati dinyatakan dalam satuan *Standard Refinery Fuel* (SFR).

Standard Refinery Fuel (SRF) yang disepakati untuk menghitung Bahan bakar Kilang yang digunakan adalah dalam barrel *Standard Refinery Fuel* atau dalam Ton *standard Refinery Fuel* (TSRF) . Oleh karena setiap Kilang menggunakan bahan bakar yang berbeda dengan kilang yang lain maka setiap kilang mempunyai nilai sendiri tergantung efisiensi dan Nilai kalori bahan bakar.

Pemakaian Bahan Bakar Kilang di Indonesia relatif masih tinggi akan menyebabkan kenaikan tingkat pencemaran oleh emisi NO_x dan SO_x yang besarnya tergantung dari spesifikasi bahan bakar dan jumlah bahan bakar Bahan bakar yang mengandung belerang akan juga meningkatnya tingkat pencemaran . Pemakaian Bahan Bakar Kilang yang tinggi juga sangat mempengaruhi keuntungan perusahaan. Oleh karena itu masalah pemakaian Bahan Bakar Kilang sangat menjadi perhatian perindustrian Minyak dan Lingkungan Hidup.

Untuk mendapatkan adanya potensi ekoeffisiensi di dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu diperlukan perhitungan efisiensi dapur lebih dahulu yang kemudian dipakai untuk menentukan apakah memang ada potensi pengematan energi dan sekaligus dipakai untuk memperhitungkan kemungkinan adanya pencemaran udara melalui emisi gas buang

Fungsi dapur adalah pemanas utama dari umpan/minyak bumi setelah mengalami pemanasan awal di Heat Exchanger (Pesawat penukar Panas). Sumber panas diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar residu dan gas alam .

Tipe Dapur yang digunakan adalah tipe *Box Furnace* dengan tube yang terdapat didaerah radian dalam posisi horisontal. Dapur di Kilang Pusdiklat Migas Cepu ada 4 buah dengan 2 beroperasi , persiapan satu dan 1 sedang perbaikan.

Tabel. 4.1.Kondisi Operasi Dapur.

Parameter	F-2	F-3
Tekanan Minyak masuk,Kg/cm ²	3,0	2,8
Tekanan Minyak keluar, Kg/cm ²	0,35	0,35
Temperatur minyak masuk, °C	90	90
Temperatur minyak keluar, °C	325	325
Temperatur flue gas keluar stack, °C	220	220
Temperatur dinding dalam °C	624	624

Sumber : pengamatan untuk perhitungan dari operasi Kilang Migas Pusdiklat Migas.

4.2. Data spesifikasi Produk dan Neraca Bahan

Data spesifikasi produk ini selain dipakai untuk mengetahui kualitas juga dipakai untuk mengetahui laju alir masa dan laju alir panas dari beberapa sifat produk. Specific Gravity (SG). adalah perbandingan massa jenis cairan tersebut dengan massa jenis air pada suhu standard industri. Sehingga dengan mengetahui SG dapat diperoleh laju alir masa dan jumlah kandungan kalori secara umum. Dari buku Ketel Uap, Daryanto, 2001 Akamigas, Nilai SG dari suatu bahan bakar mempunyai hubungan atau mempengaruhi terhadap sifat ; Panas pembakaran, Percent berat Hydrogen dan Carbon dan Karakteristik faktor . Dari Nelson, Petroleum Refinery Engineering diperoleh hubungan antara SG dengan API. API adalah singkatan dari American Petroleum Institute menyatakan bahwa besarnya derajat API mempunyai kaitan dengan Specific Gravity dan paling banyak dipakai dalam penelitian dan penggunaan praktis adalah sebagai berikut :

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{SG_{60/60}} - 131,5 \quad 4-1)$$

Berdasarkan pemeriksaan minyak bumi (*Crude Oil*) eks Cepu, mempunyai SG sebesar 0,8262 dan dengan persamaan 4.1) diperoleh derajat API sebesar 40.

Data destilasi dibawah ini adalah data yang diperoleh dari destilasi skala Laboratorium yang telah distandarkan. Alat destilasi yang biasa digunakan adalah alat Destilasi ASTM D-86.Data destilasi ini kemudian diubah kedalam Equilibrium Flash Vapourization (EFV) yang sudah dikoreksi terhadap penggunaan media stripping. Media stripping adalah media yang

dipergunakan untuk membantu proses pemisahan produk minyak atas fraksi-fraksinya. Kondisi kolom fraksinasi ditentukan berdasarkan destilasi dalam skala Laboratorium tersebut.

Tabel. 4.2 Distilasi ASTM Crude Oil Tgl. 21-4-2003.

% Volume	$^{\circ}\text{F}$	$\Delta T, ^{\circ}\text{F}$
IBP	197,6	
		57,6
10	255,2	
		149,4
30	404,6	
		95,4
50	500.	
		66,6
60	566,6	

Sumber : laboratorium Pusdiklat Migas Cepu.

- IBP adalah singkatan dari Initial Boiling Point adalah merupakan titik didih awal dari minyak yang diperiksa.

Tabel 4.3. Spesifikasi Residu

Analisa	Metoda	Nilai
Specifik Gravity	ASTM D-1298	0,92
Pour Point, $^{\circ}\text{F}$	ASTM D-97	122
Flash Point, $^{\circ}\text{F}$	ASTM D-130	260
Viskositas Kinematic	ASTM -D.	11.8

Sumber : Laboratorium Pusdiklat Migas Cepu.

- Nilai *Pour point* dari Residu sebagai bahan bakar dalam tabel diatas, dilakukan untuk mengetahui suhu penyimpanan dan sistem penyaluran, agar bahan bakar tetap dalam kondisi cair sehingga dapat mengalir secara kontinu. Pada jenis bahan bakar dari fraksi berat misalnya Residu Fuel Oil , pada umumnya bahan bakar tersebut dapat membeku pada suhu kamar. Nilai *Pour Point* yang rendah menyatakan bahwa Residu tersebut tidak mudah membeku., sedang nilai yang tinggi artinya cairan tersebut mudah membeku.
- Nilai *Flash Point* dari Residu tidak mempunyai efek pada pemakaian bahan bakar, tetapi penting sekali untuk penanganan dan sistem penyimpanan sehingga dapat diketahui sejauh mana bahan bakar dapat menimbulkan bahaya kebakaran. Nilai *flash Point* yang rendah menunjukkan bahwa bahan bakar tersebut mudah terbakar pada suhu yang rendah.

- Nilai *Viskositas* atau kekentalan dari residu, adalah sifat penting dan perlu diketahui dalam sistem penyimpanan, sistem perpompaan, sistem pengabutan pada proses atomisasi. Kekentalan merupakan fungsi dari suhu, maka didalam suatu sistem pembakaran bahan bakar harga kekentalan dapat diatur dengan mengatur suhu dari pemanas bahan bakar. Nilai kekentalan yang rendah mempunyai arti bahwa bahan bakar tersebut mempunyai sifat encer yang artinya mudah dikabutkan. Kekentalan yang dikehendaki biasanya terkait dengan type *burner* yang dipergunakan dalam proses pembakaran bahan bakar.

- **Data Neraca Bahan :**

Data diambil tanggal 25 April 2003.

Tabel.4.4 Neraca Bahan Proses Pengolahan Minyak.

Umpan	Liter/hari	SG 60/60	% berat	% Volume	Visk.Kin.
Crude Oil	352.689	0,82	100	100	TD.
Produk					
Pertacol CA	23.134	0,7308	TD	TD	TD
Pertacol CB	23.949	0,7604	TD	TD	TD
Pertacol CC	11.640	0,7905	TD	TD	TD
Kerosine	84.573	0,8345	TD	TD	TD
Solar	103.474	0,8592	TD	TD	TD
PH Solar	23.226	0,8730	TD	TD	TD
Residu	80.662	0,92	TD	22,6	11,8
Slop	TD	TD	TD	TD	TD
ToTal	TD	TD	TD	TD	TD
Loses.	TD	TD	TD	TD	TD
Refinery Fuel			TD	TD	TD
Residu F.O	16.920	0,92	TD	TD	TD
Natural Gas	1389,98	TD	TD	TD	TD

4.3. Perubahan Destilasi ASTM ke EFV Tgl. 21 – 4 – 200

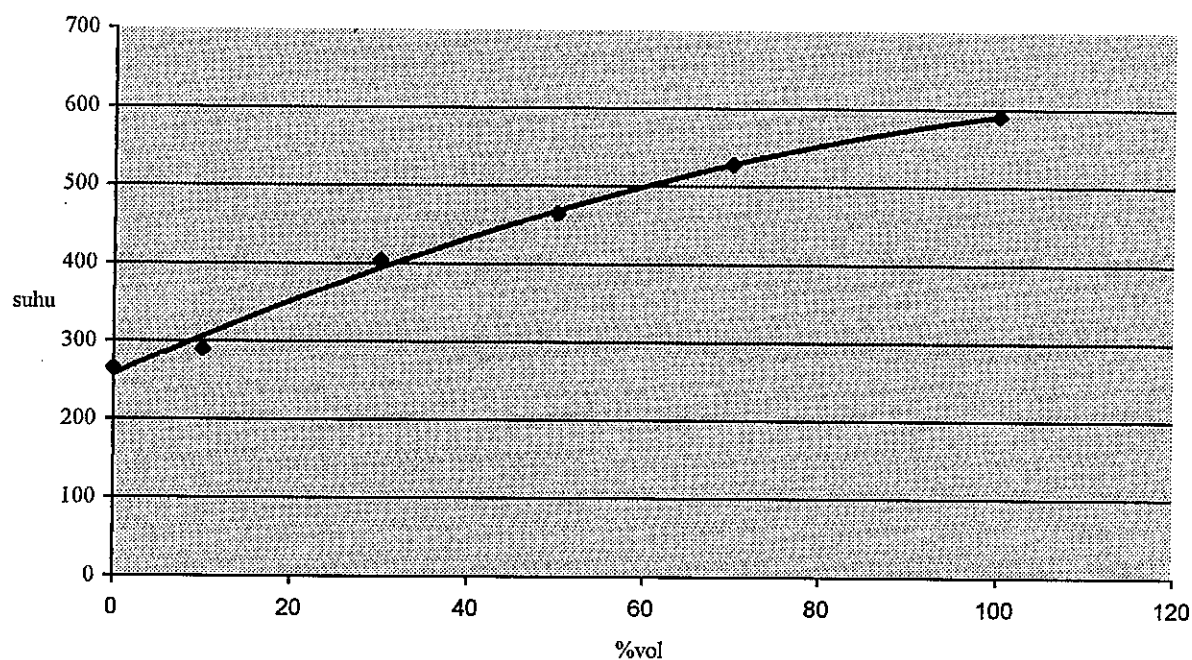
Perubahan ASTM DESTILASI ke TBP dan dilanjutkan ke EFV diperlukan untuk menentukan apakah fraksi ringan dan fraksi telah terpisahkan pada evaporator. Hasil perubahan ASTM destilasi menjadi Destilasi EFV crude Oil dibuatkan grafik yang kemudian diplotkan pada kondisi operasi sebenarnya.

Perubahan ini digunakan untuk menentukan jumlah fraksi yang menguap dan jumlah fraksi yang belum menguap dan sekaligus untuk menentukan *heating value* (nilai kalor) cairan dan nilai kalor uap fraksi ringan yang akan dipakai untuk menghitung Panas yang diterima oleh minyak bumi dari panas bahan bakar. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan perhitungan panas yang dihitung dari proses pembakaran bahan bakar didalam dapur.

Tabel 4.5. Perubahan ASTM Destilasi Crude Oil

% Volume	ASTM		TBP		EFV	
	$^{\circ}\text{F}$	ΔT	ΔT	$^{\circ}\text{F}$	ΔT	$^{\circ}\text{F}$
IBP (0)	197,6			86		265
		57,6	86		25	
10	255,2			245		290
		149,4	166		115	
30	404,6			411		405
		95,4	110		60	
50	500.			521		465
					137	
70						528
					63	
100						591

Sumber : Perhitungan dan pengubahan.



Gambar 4.1. Kurva Destilasi EFV Crude Oil.Tgl.24 April 2003

- Menetapkan dan menghitung Karakteristik minyak bumi keluar dari Dapur.

Tabel 4.6. Kondisi Operasi Dapur.

Parameter	F-2	F-3
Tekanan minyak masuk, Kg/Cm ²	3,0	2,8
Tekanan minyak keluar, Kg/Cm ²	0,35	0,35
Suhu minyak masuk, °C	90	90
Suhu minyak keluar, °C	325	325
Suhu flue gas keluar stack, °C	220	220
Suhu dinding dalam, °C	650	624

Dari Tabel 3. diatas diperoleh bahwa suhu keluar dapur 325 °C (617°F) pada tekanan 0,3 Kg/cm².g (= 1,3 atm).

Dari Tabel Neraca bahan diperoleh :

- **Fraksi cair (Residu = Reduced Crude Oil) dengan Kondisi :**

Suhu 325°C = 617°F.
 Tekanan = 0,3 Kg/Cm²g = 19,11 Psia.
 Prosen Berat = 25,6 %
 Prosen Volume = 22,8 %
 Specifik Gravity 60/60 = 0,92 = 22,3°API.

- **Fraksi Uap dengan kondisi :**

Tekanan = 19,11 Psia.
 Suhu = 617°F
 Prosen berat = 74,4 %
 Prosen Volume = 77,2 %

$$\begin{aligned}
 \text{SG uap} &= \text{SG}^{60}_{60} \times \frac{\% \text{massa.yang.menguap}}{\% \text{volume.yang.menguap}} \\
 &= 0,82 \times \frac{74,4}{77,2} = 0,790 = 47,6^{\circ} \text{API}
 \end{aligned}$$

4.4. Penetapan kandungan kalori yang diserap oleh Minyak Bumi

- Kandungan Kalori Minyak Bumi pada suhu masuk dapur:

Dengan bantuan data yang telah ada dan dari *Petroleum Engineering*, Nelson Hal 172.

- Slope Minyak Bumi $= 7$
- ASTM Mid Boiling Point $= 528 \text{ F}$
- Koreksi MABP(*Molal Boiling Point*) $= 114,23^{\circ}\text{F}$.
- MABP $= 528 - 114,23 + 460 \text{ R}$
 $= 837,77$.

$$- K_{uop} \text{ Minyak Bumi} = \frac{\sqrt[3]{MABP}}{SG} = 11,5$$

-Dari K_{uop} Minyak Bumi dengan 41 API diperoleh faktor koreksi $= 0,975$.

-Kandungan Kalori pada suhu 203 F diperoleh 98 BTU/Lb. $= H$

-Kandungan kalori Minyak Bumi masuk dapur $= m_c \times H \times \text{faktor koreksi}$

$$= 352.689 \text{ Liter/hari} \times 0,82 \text{ kg/liter} \times 2,2046 \text{ Lb/Kg} \times 98 \text{ BTU/Lb} \times 0,975 =$$

$$= 60889014,04 \text{ BTU/hari.}$$

- Kalori yang terkandung oleh Minyak Bumi Keluar dapur :

- Fraksi cair (*Residu*) : $SG = 0,92 = 22,3^{\circ}\text{API}$,

$$\text{Kandungan yang terbawa} = m_r \times H = 80662 \text{ Liter/hari} \times 0,92 \text{ Kg/Liter} \times 2,2046$$

$$\text{Lb/Kg} \times 318,25 \text{ BTU/Lb} = 52066097 \text{ BTU/hari}$$

$$= 2169420,7 \text{ BTU/Jam}$$

- Fraksi Uap.(*Multi komponen*).

$$\text{Jumlah massa yang menguap} = 473.980,0499 \text{ Lb.}$$

$$SG \text{ uap multi komponen} = 0,790 = 47,6 \text{ API}$$

$$\text{Jumlah kalori yang diserap oleh uap} = 473.980 \text{ Lb/hari} \times 449 \text{ BTU/Lb}$$

$$= 212817020 \text{ BTU/hari.}$$

$$\text{Jumlah kalori yang terbawa oleh fluida keluar dapur} =$$

$$52066097 \text{ BTU/hari} + 212817020 \text{ BTU/hari} = 264883117 \text{ BTU/hari.}$$

Kalori yang diserap oleh Minyak Bumi :

$$= 264883117 \text{ BTU/hari} - 60889014,04 \text{ BTU/hari} =$$

$$= 203994103 \text{ BTU/hari} = 8.499.754,291 \text{ BTU/hari}$$

5. Unjuk Kerja Dapur Kilang

5.1. Unjuk kerja berdasarkan panas yang diterima

$$\eta_{th} = \frac{H_i - H_f}{H_i} \times 100\% = \frac{H_d}{H_i} \times 100\%$$

Panas yang diserap = 203994103 BTU/hari = 8.499.754,291 BTU/hari

- Panas yang diberikan dari hanya bahan bakar
- Berdasarkan *NHV*

Net Heating Value (NHV) Residu dengan 22,3 API diperoleh dari grafik dalam lampiran = 17.900 BTU/Lb.

Pemakaian bahan bakar :

Bahan Bakar cair (Residu) = 20590.61126 Lb/hari .

= 15357161,8 BTU/jam

Bahan bakar Gas = 26041737,38 BTU/hari = 1085072,39 BTU/jam

Jumlah kalori bahan bakar = 394613678,8 BTU/Hari = 16442234,18/Jam

$$\eta_{th} = \frac{H_d}{H_i} \times 100\% = \frac{8449.754,29}{16442234,18} \times 100\% = 51,69\%$$

5.2. Unjuk Kerja Dapur dengan perhitungan Neraca Panas

- Panas yang masuk kedalam sistem terdiri dari :

1. Panas sensible Bahan bakar Gas = $m.C_{pFG}.\Delta T$
2. Panas sensible *Fuel Oil*. = $m.C_{pFO}.\Delta T$
3. Panas sensible udara pembakaran. = $m.C_{pu}.\Delta T$
4. Panas pembakaran Bahan bakar gas = $v.NHV$
5. Panas pembakaran *fuel Oil*. = $m.NHV$

- Spesifikasi Bahan bakar :

Fuel Oil :

Data-Data *fuel Oil* :

Specific Gravity 60/60 = 0,92

Sulphur content = 1,0 % berat.

Water content = 0,1% vol.

Net Heating Value = 17.900 BTU/Lb.

Fuel Gas. (Bahan Bakar gas).

Data dibawah ini diperoleh dari laporan hasil pemeriksaan lab. Pusdiklat Migas Cepu.

Tabel 4.7 Komposisi Bahan Bakar Gas.

No	Unsur	Fraksi Volume	Berat Molekul Lb/Lbmol	Berat Total (Lbs)	Nilai kalori BTU/ft ³	Fraksi Berat %
1	CH ₄	0,6368	16	10,188	578,9	40,04
2	C ₂ H ₆	0,0282	30	0,846	45,6	3,32
3	C ₃ H ₈	0,0052	44	0,2288	12,0	0,89
4	iC ₄ H ₁₀	0,0084	58	0,4872	25,2	1,91
5	CO ₂	0,2918	44	12,839	-	50,46
6	O ₂	0,0063	32	0,2016	-	0,7923
7	N ₂	0,0233	28	0,6524	-	2,56
	Jumlah	1.000		25,443	661,7 BTU/ft ³	100

Sumber : Laporan Lab Produksi Pusdiklat Migas Cepu untuk penelitian.

Pemakaian bahan bakar gas = **1639,8252 Scft/jam**

Dengan **Relative Humidity 75 %**

Kebutuhan Udara teorities = 4,32 Lbmol BB/jam x 205,62 Lb Udara/Lbmol BB = **888,2 Lb/jam.**

Dengan demikian Komposisi Gas buang dari Bahan bakar Gas adalah sebagai berikut :

1. Carbon dioksida (CO₂) = **196,38 Lb/jam**
2. Uap air (H₂O) = **129,8 Lb/jam.**
3. Nitrogen = **671,74 Lb/jam**

Dengan demikian gas buang yang melewati cerobong asap dapat ditabulasikan sebagai berikut

:

Tabel. 4.8. Komposisi Flue gas pembakaran Bahan Bakar Gas

No	Komponen Flue Gas,	Berat , Lb/jam	% Berat
1	H ₂ O	129,8	13,0
2	CO ₂	196,38	19,77
3	O ₂	0	0
4	N ₂	671,74	67,23
	TOTAL	997,92	100

- Komposisi bahan bakar Cair (Residual Fuel Oil): “ Freederick T. Morse ME” Power Plant Engineering, D. Van Nostrand Comp. Inc. London, hal 253.

$$\begin{aligned} \% \text{ wt H} &= 26 - 15 \text{ SG } 60/60. \\ &= 26 - 15. (0,93). \quad = 12,05 \end{aligned}$$

$$\% \text{ Vol H}_2\text{O} = 0,1 \, \%$$

$$1 \text{ Kg. Bahan bakar} = 1,075 \text{ Liter.}$$

$$\% \text{ Vol H}_2\text{O} = 0,00175 \text{ kg.}$$

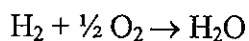
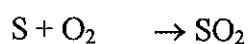
$$\% \text{ wt H}_2\text{O} = 0,175 \, \%$$

$$\% \text{ wt S} = 1 \, \%$$

$$\% \text{ wt Ash} = 0,75.$$

$$\% \text{ wt C} = 100 - (12,05 + 0,175 + 1 + 0,75) = 86,025$$

- Hasil Pembakaran bahan bakar :



- Kebutuhan Oksigen untuk pembakaran 1 Lb bahan bakar.

$$\text{Pembakaran C} = 32/12 \times 0,86025 = 2,294 \text{ Lb.}$$

$$\text{Pembakaran H}_2 = 8 \times 0,1205 = 0,964 \text{ Lb.}$$

$$\text{Pembakaran Sulphur} = 1 \times 0,01 = 0,01 \text{ Lb.}$$

$$\text{Jumlah Kebutuhan Oksigen Teorities} = 3,268 \text{ lb.}$$

$$\text{Jumlah kebutuhan Udara} = 14,2086 \text{ lb.}$$

Jumlah Kandungan Nitrogen = 10,9405 Lb.

Dengan RH 75 % maka :

Kebutuhan Udara per 1 Lb Bahan bakar cair = $\frac{1}{1-0,022} \times 14,2086 = 14,528 \text{ Lb /LbBB}$.

Uap air yang terkandung dalam udara = $0,022 \times 14,528 = 0,319 \text{ Lb/LbBB}$.

Hasil Pembakaran bahan bakar jika pembakaran berlangsung sempurna mempunyai komposisi sebagai berikut :

CO₂ = $11/3 \times 0,86025 \text{ Lb}$ = 3,1625 lb/Lb BB
H₂O = $9 \times 0,1205 \text{ lb} + 0,319$ = 1,4035 lb/Lb.BB
SO₂ = $64/32 \times 0,01$ = 0,02 lb/Lb.BB
N₂ = 10,9405 lb/Lb.BB

Gas buang hasil pembakaran bahan bakar cair dapat ditabulasikan sebagai berikut ini :

Tabel. 4.9. Komposisi Flue gas pembakaran per LbBahan Bakar Cair
(Residu Fuel Oil)

No	Komponen Flue Gas,	Berat , Lb/Lb BB.Jam	% Berat
1	H ₂ O	1,4035	9,05
2	CO ₂	3,1625	20,40
3	O ₂	0	0
4	N ₂	10,9405	70,58
5.	SO ₂	0,02	0,129
	TOTAL	15,5	100

Pemakaian bahan Bakar dari Residue *Fuel Oil* = 10.152 Liter/hari

Pemakaian bahan Bakar perjam = 423 Liter/jam = **857,94 Lb/jam.**

Pemakaian udara perjam = 12.464,1Lb/jam

Komposisi *Flue Gas* dalam cerobong pembakaran Bahan Bakar *Residu* :

1. H₂O = $1,435 \text{ Lb/Lb.BB} \times 857,94 \text{ LbBB /Jam}$ = 1.231,14 Lb/jam.
2. CO₂ = $3,165 \text{ Lb/Lb.BB} \times 857,94 \text{ Lb.BB/jam}$ = 2.715,38 Lb/jam.
3. N₂ = $10,9405 \text{ Lb/Lb.BB} \times 857,94 \text{ Lb.BB/jam}$ = 9.386,29 Lb/jam.
4. SO₂ = $0,02 \text{ Lb/Lb.BB} \times 857,94 \text{ Lb.BB/jam}$ = 17,1588 Lb/jam.

Sehingga gas buang sekarang dengan pembakaran bahan cair dan gas mempunyai komposisi yang dapat ditabulasikan sebagai berikut ini :

Tabel. 4.10. Komposisi Flue gas pembakaran
per LbBahan Bakar Cair (Residu Fuel Oil)dan Bahan bakar Gas perjam

No	Komponen Flue Gas,	Bahan Bakar		Total, Lb
		Gas,Lb	Cair,Lb	
1	H ₂ O	129,8	1.231,14	1360,94
2	CO ₂	196,38	2.715,38	2911,76
3	O ₂	0	0	0
4	N ₂	671,74	9.386,29	10.058,03
5.	SO ₂	0	17,1588	17,1588

Menghitung Panas yang masuk kedalam sistem :

1. Panas *sensible* Udara = 51.272,44 BTU/jam.
 2. Panas *Sensible* Bahan bakar Gas = 672,6 BTU/jam.
 3. Panas pembakaran Bahan bakar Gas = 1.085.072,3BTU/jam
 4. Panas *sensible Fuel Oil* = 42.993, BTU/jam.
 5. Panas Pembakaran *Fuel Oil* = 15.357.126 BTU/jam.
- Jumlah Panas yang masuk = 16.537.136,34 BTU/jam.

- **Panas yang keluar melalui cerobong asap.**

Panas yang keluar melalui cerobong masih perlu diperhitungkan adalah dikarenakan bahwa gas yang keluar melalui cerobong asap mempunyai suhu yang lebih tinggi dari pada suhu acuan (*reference*). Hal ini disebabkan bahwa kalori yang dikeluarkan ketika terjadi reaksi pembakaran bahan bakar dengan oksigen tidak semuanya dapat diserap oleh *fluida* yang dipanaskan. Oleh karena itu gas buang yang keluar melalui cerobong asap masih lebih tinggi dari suhu acuan. Panas yang keluar melalui cerobong asap ini dihitung berdasarkan suhu dan kandungan kalori dari masing-masing gas buang. Untuk lebih mudahnya menggunakan grafik dalam lampiran akan diperoleh bahwa pada suhu tersebut masing masing komponen mempunyai kandungan kalori sebagai berikut :

1. Uap air (H₂O) = 170 BTU/lb.
2. Carbon dioksida (CO₂) = 90 BTU/lb.
3. Nitrogen (N₂) = 94 BTU/lb.
4. Sulphur dioksida (SO₂) = 60 BTU/lb

Sehingga masing –masing komponen membawa panas keluar :

- Uap air $= 231.359,8 \text{ BTU/jam.}$
- Carbon dioksida (CO_2) $= 262.058,4 \text{ BTU/jam.}$
- Nitrogen (N_2) $= 945.454,82 \text{ BTU/jam}$
- Sulphur dioksida (SO_2) $= 1.029,528 \text{ BTU/jam.}$

Kehilangan Panas Radiasi $= 826.856,4 \text{ BTU/jam}$

Jumlah panas yang Hilang $= 2.266.759,348 \text{ BTU/jam}$

- Sehingga Panas yang diterima (H_d) $= H_I - H_L$

Panas yang diterima $= 16.537.136,34 \text{ BTU/jam.} - 2.266.759,348 \text{ BTU/jam}$
 $= 14.270.377 \text{ BTU/jam.}$

Effisiensi Dapur dengan kelebihan udara $0 \% = 86,29\%$

Perhitungan melalui Panas masuk dan panas yang hilang ternyata tidak sama dengan Panas yang diterima oleh minyak bumi yang telah dihitung diatas Oleh karena itu maka kelebihan udara dalam hal ini dapat dicari dengan menghitung kembali (Trial & Error) Panas yang masuk dan panas yang keluar melalui cerobong asap dengan kelebihan udara yang ditetapkan terlebih dahulu dengan menganggap bahwa variable operasi yang lain tidak berubah. Dan Dengan bantuan grafik bahwa kandungan kalori udara pada suhu dapur ($220 \text{ C} = 428 \text{ F}$) adalah $= 93 \text{ BTU/Lb.}$

Maka dengan kebihan udara $50 \% = 0,5 \times 13.352,2 \text{ Lb/jam} = 6.676,1 \text{ Lb/jam}$

Uap air dalam udara $= 0,022 \times 0,5 \times 13.352,2 \text{ Lb/jam} = 146,8752 \text{ Lb/jam}$

Panas yang hilang bertambah $= 607.217,45 + 24.968,78 = 632.186,23 \text{ BTU/jam.}$

Panas yang hilang bertambah sebesar $632.186,23 \text{ BTU/jam} = 4,3 \%$ dari jumlah panas yang masuk Oleh karena itu setiap kelebihan udara sebesar 50% dapat menurunkan effisiensi $4,3 \%$. Untuk perhitungan kelebihan udara diatas 50% dapat ditabulasikan sebagai berikut :

Tabel 4-11 Hubungan kelebihan udara dengan penurunan effisiensi

Kelebihan udara	Penurunan Effisiensi	Effisiensi
0%	0	86,29
50%	4,3	81,99
100	8,6	73,29
200	17,2	69,09
300	25,8	60,49

400	34,4	51,89
500	43	43,29

Dan Tabel tersebut dapat digambarkan sebagai karakteristik dapur Kilang Type Box Pusdiklat Migas Cepu pada saat sekarang ini., terdapat dalam lampiran

Setelah dihitung efisiensi dapur dapatlah disimpulkan bahwa operasi dapur dapat ditingkatkan effisiensinya dengan tetap memperhatikan bahwa peningkatan efisiensi selain dapat menghemat pemakaian bahan bakar, tetapi emisi NO_x dan SO_x tetap dalam batas baku mutu yang dipersyaratkan sehingga tidak mencemari lingkungan.

Untuk memperhitungkan peningkatan efisiensi yang diinginkan harus diketahui emisi NO_x dan SO_x lebih dahulu yang dapat dipakai sebagai pembatas .

4.6. Kelebihan udara.

Dapatlah dilihat bahwa efisiensi dapur Kilang Pusdiklat mempunyai efisiensi sebesar 51,69% dan disebabkan adanya kelebihan udara pembakaran. Pada umumnya proses pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna dengan menyediakan udara berlebihan dari udara teoritis yang sebenarnya diperlukan.

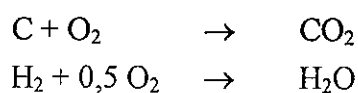
Udara berlebihan dapat mengakibatkan penurunan efisiensi dapur. Besarnya penurunan dengan dasar suhu gas panas tetap, dapat diperlihatkan pada pada tabel yang telah dibuat diatas.

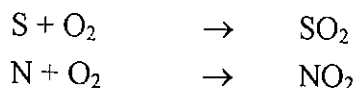
Dengan dibandingkan perhitungan efisiensi dengan penerimaan panas sebesar 51,69 %, maka dapat dikatakan bahwa operasi dapur dengan kelebihan udara 400 %.Oleh karena itu dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu dapat ditingkatkan effisiensinya dengan mengurangi kelebihan udara dan menurunkan suhu dapur, atau paling tidak diperlukan optimasi sesuai dengan keadaan sekarang dengan menggunakan data-data operasi.

4.7. Gas Buang.

Gas buang adalah gas sisa pembakaran yang kandungan kalorinya tidak sebesar ketika bahan bakar terbakar. Hal ini disebabkan oleh sebagian panas hasil pembakaran bahan bakar telah diserap atau dipindahkan panasnya ketempat fluida yang dipanaskan.

Bahan bakar yang dipakai untuk pembakaran yang stabil dan kontinue yang paling baik dan yang umum dipakai adalah bahan bakar cair dan bahan bakar gas dan pada umumnya diperoleh dari Hidrokarbon . Dilihat hasil reaksi pembakaran dibawah ini maka :





Yang disebut gas buang adalah senyawa CO_2 , H_2O dalam bentuk uap air, SO_2 dan NO_2 (NO_x) yang telah diambil kalorinya dan kemudian akan dibuang keudara bebas adalah senyawa hasil reaksi dari persamaan reaksi antara unsur atau komponen bahan bakar dengan Oksigen.

Oksigen diperoleh dari udara bebas baik dengan secara paksa atau dengan alami. Udara yang diperlukan untuk keperluan pembakaran bahan bakar biasanya disediakan secara berlebihan agar pembakaran berlangsung dengan sempurna

Sulfur diperoleh kalau unsur tersebut terdapat dalam kandungan bahan bakar sedang Nitrogen diperoleh dari yang terkandung dalam bahan bakar dan karena terikut dalam udara pembakar.

Terbentuknya SO_2 diperoleh dari hasil reaksi pada suhu kamar, sedang NO_x dari Robert D.Reed dalam bukunya Furnace Operation hal 164 dapat terjadi pada suhu tinggi. Pada suhu 2.800 °F dalam waktu yang singkat dapat memproduksi paling sedikit 500 ppm. Pada suhu yang makin turun terbentuknya NO_x makin kecil. Maria Da Graca Carvalho et all dalam buku Clean Combustion Technologies for a Clean Environment mengatakan bahwa bahwa hampir semua pabrik pengembang Low NO_x burner bekerja pada kisaran 100-350 mg/Nm^3 .

Banyaknya sulfur dioksida (SO_2) dan NO_x yang terbuang diudara harus dibatasi. Dilihat dari senyawa diatas yang kemudian akan dibuang keudara bebas yang menjadi perhatian lingkungan adalah senyawa SO_2 dan NO_x dikarenakan akibat yang ditimbulkan bila gas tersebut tidak dapat dikendalikan. Baku mutu yang dikehendaki berdasarkan SK Gubernur Jawa Tengah No.10 Tahun 2000 sebagai batasan agar pencemaran udara terkendali.

Tabel.4.12. Hasil pemeriksaan emisi cerobong asap dari Dapur Kilang

No. Analisis	Lokasi	Hasil Analisa (mg/m^3)		Baku Mutu	
		SO_2	NO_2	SO_2	NO_2
234	Furnace -2	11	179	800	1000
	Boiler -2	7	241	800	1000
	Boiler 3	<3	298	800	1000

Dari sumber dari Lab.Penguji Pusdiklat Migas, perubahan ppm menjadi mg/m^3 dengan persamaan sebagai berikut berikut,:

$$\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} = \text{ppm} \times \frac{\text{BM.gas}}{24,45} \dots\dots\dots 4.5)$$

sehingga

$$\text{NO}_2 = 179 \text{ mg/m}^3 = 72,9 \text{ ppm}_v$$

$$\text{SO}_2 = 11 \text{ mg/m}^3 = 4,37 \text{ ppm}_v$$

Dengan demikian maka gas buang dari dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu, masih memenuhi baku mutu.

4.8 Pengaruh kelebihan udara terhadap terbentuknya NO_2

Dari KR Kohlhasse dalam bukunya Combustion Guide Book BP Oil International menyatakan bahwa terbentuknya NO_2 berhubungan dengan suhu pembakaran, kelebihan oksigen atau kelebihan udara dan waktu keberadaan nitrogen dalam daerah pembakaran bahan bakar.

Dalam percobaan dibawah ini diperoleh hubungan antara Kelebihan udara dengan terbentuknya NO_x baik dengan bahan bakar gas ataupun bahan bakar cair

Tabel 4.13 Tabel Hubungan Kelebihan udara dengan NO_x

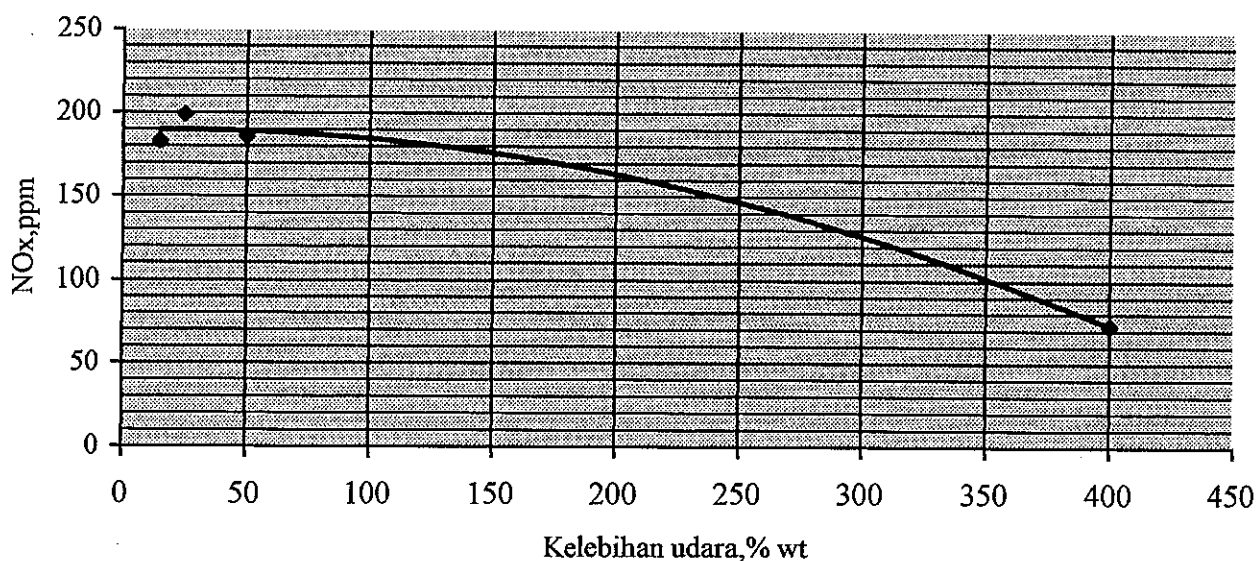
Bahan Bakar	Burner A		Burner B		Burner C		Burner D	
	Exs air (%)	NO_x (ppm _v)	Exs air (%)	NO_x (ppm _v)	Exs air (%)	NO_x (ppm _v)	Exs air (%)	NO_x (ppm _v)
HFO	15	183	5	235	5	145	5	241
	25	199	20	249	20	215	20	315
	50	186	50	205	50	185	50	257
NG	10	96	5	34	5	39	5	59
	25	70	20	39	20	45	20	64
	50	43	-	-	-	-	-	-

Sumber : Dari KR Kohlhasse 1987.

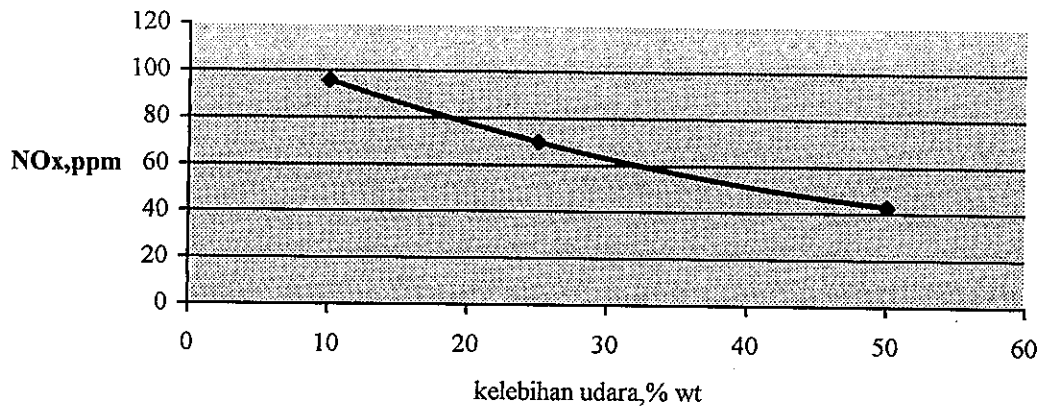
Keterangan :

Burner A = Natural Draught.

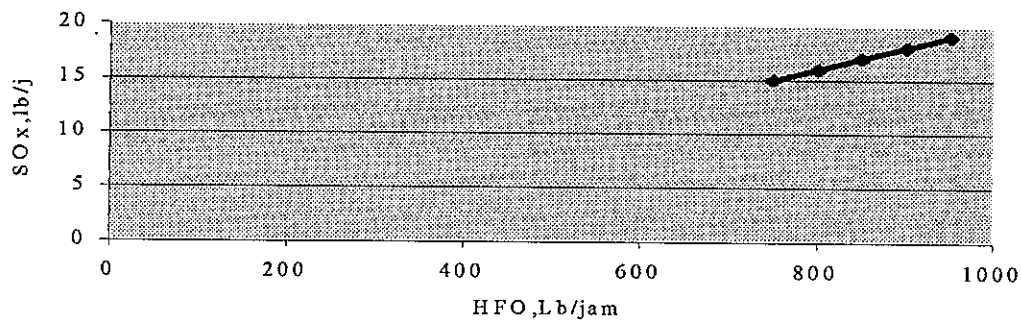
Burner B,C,D = Forced Draught



Gambar 4.2 Kurva kelebihan udara –NO_x (HFO)



Gambar 4.3. Kurva kelebihan udara – NOx ppm, (NGO)



Gambar 4.4. Kurva HFO-SO_x

4.9. Pengaruh Peningkatan efisiensi dengan pengaturan kelebihan udara.

Peningkatan Efisiensi dapur dengan memperhatikan tabel dan perhitungan sebelumnya bahwa dapur Kilang Pusdiklat mempunyai efisiensi 51,69 % disebabkan pemakaian udara sangat berlebihan sebesar 400 %. Oleh karena itu untuk meningkatkan efisiensi dapur Kilang Pusdiklat Migas dengan mengurangi kelebihan udara menjadi 300 % akan bertambah 8,6 % (Lihat Tabel) Efisiensi dapur dengan kelebihan udara 300 %

- Pengaruh terhadap pengurangan bahan bakar dan emisi SO_x :

Perhitungan pengurangan pemakaian bahan bakar :

$$\eta = 51,69 + 8,6 \% = 60,29 \%$$

Dan pemakaian bahan bakar akan berkurang sebesar = $0,086 \times 16.537.136,34 \text{ BTU/jam}$

$$= 1.422.193,725 \text{ BTU/jam}$$

dan Bila yang dikurangi adalah konsumsi bahan bakar residu dengan *Net Heating Value* = 17.900 BTU/jam , maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Pengurangan Konsumsi bahan bakar} &= \frac{1,422,193.725 \frac{BTU}{jam}}{17,900 \frac{BTU}{Lb}} = 79.452 \frac{Lb}{Jam} \\
 &= 36,093 \text{ Kg/jam.} \\
 &= \frac{36,093 \text{ kg / jam}}{0,92 \text{ Kg / Liter}} = 39,23 \text{ Liter/jam.} \\
 &= \text{Rp. } 44.918,35/\text{jam} = \text{Rp. } 393.484.746,-/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

dan SO₂ akan berkurang sebesar $= 0,02 \times 79,452 \text{ Lb/jam} = 1,589 \text{ Lb/jam.}$

SO₂ dengan kelebihan udara yang sangat besar menjadikan konsentrasi cemaran menjadi lebih besar di udara seperti yang telah diambil contohnya yang telah diperiksa seperti berikut ini :

Pada Kondisi Operasi kelebihan udara 400% maka SO₂ yang diproduksi bahan bakar adalah : 17,1588 Lb/jam dengan hasil pemeriksaan emisi $11 \text{ mg/m}^3 = 4,37 \text{ ppm}$ yang artinya bila perhitungan itu sebagai perbandingan dengan perhitungan yang akan dilakukan bila kondisi operasi dengan kelebihan udara menjadi 300 % maka :

$$\text{Emisi SO}_2 \text{ (300 \% kel Udara)} = \frac{17,1588 - 1,589}{17,1588} \times 11 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} = 9,98 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} = 3,96 \text{ ppm.}$$

Emisi SO₂ berkurang sebesar $4,37 \text{ ppm} - 3,96 \text{ ppm} = 0,41 \text{ ppm.}$

- Pengaruh kenaikan efisiensi dengan emisi NO_x

Dari K.R. Kohlhase dalam bukunya Combustion Guide Book, BP Oil International menyatakan bahwa terbentuknya NO₂ berhubungan dengan suhu pembakaran, kelebihan Oksigen atau kelebihan udara dan waktu keberadaan Nitrogen dalam daerah pembakaran.

Dalam percobaan yang telah dilakukan diperoleh hubungan antara kelebihan udara dengan terbentuknya NO_x baik dengan bahan bakar gas maupun bahan bakar cair, dengan menggunakan metoda tarikan udara paksaan (*Forced Draught*) ataupun alami. (*Natural Draught*)

Dengan membuat grafik hubungan antara kelebihan udara dengan terbentuknya NO_x yang telah diperoleh maka didapat pada ppm NO_x. Oleh karena itu perubahan kelebihan udara dari 400% wt menjadi 300 % akan dapat dibaca hasil NO_x pada cerobong asap.

1. Pada kelebihan udara 400 % NO_x yang terbentuk adalah 79 ppm.

2. Pada kelebihan udara 300 % NO_x yang terbentuk adalah 120 ppm.

Sehingga dapatlah dikatakan bahwa menurunkan kelebihan udara dari 400 % menjadi 300 % akan menaikkan emisi NO₂ sebesar $120 \text{ ppm} - 79 \text{ ppm} = 41 \text{ ppm}$

- **Pengaruh Optimasi Dapur Terhadap TSFR.**

Operasi dapur Kilang Pusdiklat Migas Cepu belum menggunakan optimalisasi sebagai pengendali, sehingga operasi pengolahan tidak menetapkan pada kondisi laju alir massa yang tertentu. Operasi dapur hanya ditekankan bahwa suhu minyak bumi keluar dari dapur tidak boleh lebih dari 325°C , agar tidak terjadi perengkahan. Dari data operasi bulanan dapat ditemukan bahwa operasi optimal dapur kilang pada Pengolahan Minyak bumi sebesar 360.000 Liter per hari.

Pada tanggal 24 April 2003 kapasitas operasi pengolahan Minyak adalah 352.689 Liter perhari., dengan pemakaian bahan bakar sejumlah 10.152 Liter/hari (2,87 % vol) Pada Bulan April dengan bantuan grafik tersebut kondisi optimum operasi dapur pada pengolahan adalah 362.000 Liter perhari dengan Bahan bakar sejumlah 9,250 Liter perhari atau 2,55 % .

Dengan perhitungan diatas maka bila operasi pada kondisi optimal dapur maka dapat dihemat $2,87\% - 2,55\% = 0,32\%$ vol Crude Oil. = 1160 Liter perhari = Rp1.328.200 perhari
= **Rp. 484.793.000 pertahun.**

BAB V.

KESIMPULAN DAN SARAN.

5.1. Kesimpulan.

Setelah melalui perhitungan dengan pengolahan data-data yang dapat diperoleh di lapangan bahwa operasi *Furnace* (dapur) Kilang Pusdiklat Migas pada kondisi sekarang adalah :

1. Effisiensi dapur Kilang dapat dinaikan menjadi 60 % dengan mengurangi kelebihan udara pembakaran;
2. Naiknya effisiensi dapur hingga 60 % menyebabkan konsumsi bahan bakar berkurang serta emisi SO_2 akan menurun sebesar 0,41 ppm,
3. Naiknya effisiensi dapur hingga 60 % dengan mengurangi kelebihan udara pembakaran, yang hanya membutuhkan 300 % kelebihan udara .Pada kondisi ini emisi NO_x akan meningkat dari 79.ppm menjadi 120.ppm.

5.2. Saran

Setelah diketahui bahwa terdapat potensi penghematan energi namun juga terdapat potensi pencemaran udara . Oleh karena itu perhitungan untuk penghematan energi dalam rangka peningkatan effisiensi melalui penghematan pemakaian bahan dan pengurangan pencemaran lingkungan dapat dilakukan :

1. Mengoperasikan Pengolahan Minyak pada kondisi optimal sebesar 360.000 liter/hari. Ton Standard Fuel Refinery pada titik optimasi adalah 2,55 %TSFR Harga ini lebih kecil 0,32 % Vol dari TSFR pada kondisi operasi yang mempunyai TSFR 2,87 %.
2. Mengurangi kelebihan udara dari 400 % menjadi 300 % dengan pengaturan bukaan damper gas buang dan bukaan udara primer untuk keperluan proses pembakaran, akan dapat menaikkan effisiensi furnace menjadi 60 %.
3. Melengkapi indikator atau alat ukur yang dipasang tetap dan *portable* untuk dipakai mengetahui kelebihan udara secara cepat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Djayadiningrat, Asis 2000, Pencemaran lingkungan , Pengelolaan lingkungan dan teknologi penanganannya'(makalah seminar teknologi lingkungan) BPPT Jakarta.
2. Enviromental Protection Agency(EPA),(1994) Victoria' Waste minimization Assesment and Opportunities for industri, EPA-Victoria.
3. Fandeli,Chafid, 1995' Analisa mengenai Dampak Lingkungan prinsip dasar dan Pemapannya dalam pembangunan,Liberty offset, Yogyakarta.
4. Genco, Francesco, LoVerso,Giovanni, Conforti, Moggi, alberto and Tombolesi, Bruno,2001, New FCC Catalyst reduce gasoline, dalam Oil and Gas Journal, Feb 12,2001 hal-54-56.
5. Helm,1Spencer,C dan Dungen RT, 1998 Minimize Waste Contamination in Hydrocarbon Prosessing, June,1998, vol 77 no.6, hal 91-100.
6. Kholhase.KR. Combustion Guide Book,1987,BP Oil International.
7. Mc. Adams,JD.Reed,SD;Itse,DC, 2001, Minimize NO_xemission cost effectively , dalam Hydrocarbon Processing, Juni 2001, hal 51-58.
8. Reed.,RobertD. Furnace Operations,Gulf Publishing Company Houston, Texas, 1973.
9. Nelson,W.L. Petroleum Refinery Engineering,Fourth Edition,1969, McGraw-Hill Book Company.
10. Nemerow, Nelson L(1995), Zero pollution for industry- Waste Minimization Through Industrial Complexes'A Wiley- Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc Newyork.
11. Packer, Phil,2000, European Refiners should nor expect return on fuel –quality investment , dalam Oil and Gas Journal, Nop 2000, hal 68-69..
12. Sasongko, Aswin.2000. Pengembangan teknologi berbasis lingkungan(makalah seminar Teknologi lingkungan),BPPT. Jakarta.
13. Sieli,Garry M,2000 Refinery Feed Complexity Determine dalam Oil and Gas Journal,Nopember 27,2000, Hal56-63.
14. Sittig, Marshal,1978. Petroleum Refiningindustri , Energy saving and Environmental Control'Noyes data Co, USA.
15. Smith Robin, 1995, Chemical Proces design 'Mc Graw Hill Inc, New York.
16. Suratmo, Gunawan, 1993; Analisa mengenai Dampak Lingkungan, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
17. Thanh,NC,Cleaner Production'(makalah Seminar)1998, Lembaga Lingkungan Lestari, Jakarta.
18. Freeman,H.M,1995, Industrial Pollution Prevention Hand Book, Mc Graw Hill.
19. March, Linnhoff,1988, Introduction to Pinch Technologie, www.linnhoffmarch.com.